

TUGAS AKHIR - MO 141326

**ANALISIS GERAK DAN TALI TAMBAT PADA
PERANCANGAN STRUKTUR *FLOATING BREAKWATER*
DI NAGAN RAYA, ACEH**

AHMAD RENALDY JURAI

NRP. 04311440000054

Dosen Pembimbing :

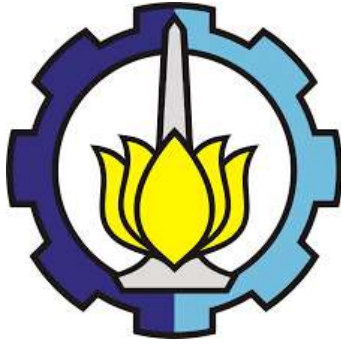
Sujantoko, S.T, M.T

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

**Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 60111
2018**

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”



FINAL PROJECT - MO 14132

***ANALYSIS MOTION AND MOORING SYSTEM OF DESIGN
FOR FLOATING BREAKWATER STRUCTURE IN NAGAN
RAYA, ACEH***

AHMAD RENALDY JURAI

NRP. 04311440000054

Supervisors :

Sujantoko, S.T, M.T

Haryo D Armono, ST, M.Eng, Ph.D

OCEAN ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 60111
2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**ANALISIS GERAK DAN TALI TAMBAT PADA PERANCANGAN
STRUKTUR *FLOATING BREAKWATER* DI NAGAN RAYA, ACEH**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Ahmad Renaldy Jurais

NRP. 04311440000054

Disetujui oleh :

1. Sujantoko, S.T., M.T.

(Pembimbing 1)

2. Haryo Dwito Armono, S.T., M.Eng., Ph.D.

(Pembimbing 2)

3. Dr.Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.

(Penguji 1)

4. Sholihin, S.T., M.T.

(Penguji 2)

SURABAYA, JULI 2018

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

ANALISIS GERAK DAN TALI TAMBAT PADA PERANCANGAN STRUKTUR *FLOATING BREAKWATER* DI NAGAN RAYA, ACEH

Nama : Ahmad Renaldy Jurais
NRP : 043114410000054
Jurusan : Teknik Kelautan FTK - ITS
Dosen Pembimbing : Sujantoko, ST, MT
Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD

ABSTRAK

Beberapa permasalahan pantai yang sering terjadi yaitu sedimentasi, erosi, pencemaran laut dan lain sebagainya. Salah satunya pada Pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya mengalami permasalahan gelombang terutama gelombang yang datang dari arah barat daya dan selatan karena PLTU Nagan Raya langsung berhubungan dengan Samudera Hindia. Untuk mencegah dampak dari kerusakan wilayah pantai maka dibutuhkan struktur-struktur pelindung pantai diantaranya yaitu *breakwater*. Akhir-akhir ini para peneliti telah mengembangkan struktur *breakwater* menjadi pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*). Untuk menstabilkan *floating breakwater* dengan dimensi 120 m x 10 m x 5,5 m di perlukan sistem penambat. Pada penelitian ini difokuskan untuk mendesain *mooring line* pada struktur *floating breakwater* menggunakan *catenary mooring line* yang dimana menggunakan karakteristik lingkungan pada perairan PLTU Nagan Raya, serta melakukan variasi sudut tali tambat yaitu 30^0 , 45^0 , dan 60^0 . Pada analisa *tension mooring* maksimum didapatkan spesifikasi *mooring* dengan inisial diameter 54 mm dengan nilai *breaking load* 1706,94 kN. Hasil dari analisis respon gerak berupa *Response Amplitude Operators* (RAO) saat kondisi terapung bebas dan tertambat pada moda gerak *surge*, *sway*, *heave*, *roll*, *pitch*, dan *yaw*.

Kata kunci: *Floating Breakwater*, RAO, *mooring line*, *Tension*

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

**ANALYSIS MOTION AND MOORING SYSTEM OF DESIGN FOR FLOATING
BREAKWATER STRUCTURE IN NAGAN RAYA, ACEH**

Nama : Ahmad Renaldy Jurais
NRP : 043114410000054
Department : Teknik Kelautan FTK - ITS
Supervisors : Sujantoko, ST, MT
Haryo Dwito Armono ST, M.Eng, PhD

ABSTRACT

Some coastal problems that often occur are sedimentation, erosion, marine pollution, etc. One of them is the Port of Steam Power Plant, Nagan Raya experienced wave problems, especially the waves coming from the southwest and south because the Nagan Raya power plant directly related to the Indian Ocean. Breakwater is a coastal protection structure to break the waves. Lately, researchers have developed breakwater structures into floating breakwaters. To hold the floating breakwater with dimensions of 120 m x 10 m x 5,5 m is in need of a mooring system. This research is focused on designing mooring line on floating breakwater structure using catenary mooring line which uses environmental characteristics in Nagan Raya power plant, and variation of mooring rope angle that is 30^0 , 45^0 , and 60^0 . In the maximum tension mooring analysis from the results obtained mooring specifications with the initial diameter of 54 mm with a breaking load value 1706.94 kN. The Results from Response Amplitude Operators (RAO) motion response analysis when floating breakwater conditions are free floating and tethered with the surge, sway, heave, roll, pitch, and yaw modes of motion.

Keywords : Floating Breakwater, RAO, tension mooring, Tension

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan mengucapkan bismillah, puji, dan syukur kehadiran Allah SWT, karena atas ridho dan hidayahNya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan judul “Analisis Gerak dan Tali Tambat Pada Perancangan Struktur *Floating Breakwater* di Nagan Raya, Aceh.

Penulisan tugas akhir ini adalah untuk memenuhi persyaratan kelulusan program Studi Strata I pada Departemen Teknik Kelautan FTK Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selain itu penulis juga dapat mencoba menerapkan dan membandingkan pengetahuan dan keterampilan yang diperoleh dibangku kuliah dengan kenyataan yang ada di lingkungan kerja.

Penulis merasa bahwa dalam menyusun laporan ini masih menemui beberapa kesulitan dan hambatan, disamping itu juga menyadari bahwa penulisan laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih banyak kekurangan-kekurangan lainnya, maka dari itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun dari semua pihak.

Akhirnya dengan segala kerendahan hati Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Surabaya, Juli 2018

Ahmad Renaldy Jurais

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu, diantaranya kepada:

1. Allah SWT yang dengan ridho-Nya sehingga Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.
2. Orang Tua, Adik, dan keluarga besar yang telah banyak memberikan dukugan serta doa sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan lancar.
3. Bapak Sujantoko, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing 1 yang dengan sabar meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Haryo D. Armono, S.T., M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing 2 yang dengan sabar meluangkan waktunya untuk membimbing, mengarahkan dan memberi masukan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Dr.Ir.Hasan Ikhwani, M.Sc. selaku dosen wali yang selalu meluangkan waktu untuk memberikan masukan tentang perkuliahan penulis.
6. Bapak Sholihin, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang memberikan saran agar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini lebih baik.
7. Keluarga kos PSKG II senko, aji , palep, rino teman seperjuangan tugas akhir dan senior-senior yang selalu memberikan bantuan moral dan menghibur penulis.
8. Teman – teman Maelstrom owi, zulfikar, noval, dan annas yang membantu , mengajarkan penulis mengerjakan tugas akhir serta atas kebersamaan, kekeluargaan dan bersama – sama menjalani perkuliahan dengan suka dan duka.
9. Wanita saya aisyah martak yang selalu meluangkan waktu untuk menghibur dan mendukung penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
10. Seluruh pihak-pihak terkait secara langsung maupun tidak langsung atas terwujudnya tugas akhir ini, penulis mengucapkan terimakasih. Apabila ada suatu hal yang selama ini tidak berkenaan di hati, penulis mohon maaf yang sebesar-besarnya.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	iii
KATA PENGANTAR	vii
UCAPAN TERIMA KASIH.....	ix
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.1.1 Pontoon Floating Breakwater.....	6
2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Floating Breakwater	6
2.2 Dasar Teori.....	7
2.2.1 Gelombang	7
2.2.2 Spektrum Gelombang	8
2.2.3 Angin.....	10
2.2.4 Fetch.....	11
2.2.5 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin.....	11
2.2.6 Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang	13
2.2.7 Pasang Surut.....	16
2.2.8 Teori Dasar Gerak Bangunan Laut Akibat Eksitasi Gelombang	17
2.2.9 Beban Lingkungan	18
2.2.10 Jari – Jari Girasi Floating Breakwater.....	20
2.2.11 Response Amplitudo Operator (RAO).....	22
2.2.12 Respon Bangunan Apung pada Gelombang Acak	22
2.2.13 Sistem Tambat.....	24

2.2.14	Tension pada Tali Tambat.....	28
2.2.15	Offset pada Bangunan Apung	29
2.2.16	Penjelasan Singkat Software	30
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		33
3.1	Metode Penelitian.....	33
3.2	Penjelasan Diagram Alir	34
BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN.....		39
4.1	Analisis Arah Dan Kecepatan Angin.....	39
4.2	Perhitungan Fetch, Periode Dan Tinggi Gelombang Signifikan	43
4.3	Analisis Pasang Surut	47
4.4	Pemodelan CGWAVE	48
4.4.1	Meshing Lokasi Model	48
4.4.2	Pemodelan Gelombang	49
4.5	Pemodelan Floating Breakwater	51
4.5.1	Dimensi dan Material Floating Breakwater	51
4.5.2	Menghitung Draft (d) Bangunan.....	55
4.5.3	Gaya Apung (Bouyancy)	57
4.5.4	Centre of Gravity (COG)	59
4.5.5	Jari – Jari Girasi Floating Breakwater.....	62
4.5.6	Pemodelan Floating Breakwater Menggunakan Software MOSES.....	64
4.6	Analisis Gerak Floating breakwater Pada Saat Free Floating.....	66
4.6.1	Skenario Dengan menambahkan Beban Lingkungan	66
4.6.2	Respon Gerak Struktur Floating Breakwater kondisi Free Floating.....	67
4.7	Pemodelan Tali Tambat	75
4.7.1	Kondisi Lingkungan.....	75
4.7.2	Pemodelan Catenary Mooring	75
4.7.3	Hasil Analisis Tension dan Offset	78
4.7.4	Respon Gerak Struktur Floating Breakwater kondisi Tertambat.....	81
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		101
5.1	Kesimpulan.....	101
5.2	Saran	103
DAFTAR PUSTAKA		105

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh	2
Gambar 2.1 Jenis <i>pontoon Floating Breakwater</i>	6
Gambar 2.2 Hubungan Kecepatan Angin di Darat dengan Kecepatan Angin di Laut	12
Gambar 2.3 Derajat kebebasan gerak struktur apung	18
Gambar 2.4 Titik Pusat dan Arah Gerakan <i>Floating Breakwater</i>	20
Gambar 2.5 Transformasi Spektra Gelombang Menjadi Spektra Respon	23
Gambar 2.6 Tipe Dolphin-Frame Guide	24
Gambar 2.7 Tipe Pier/Quay Wall	24
Gambar 2.8 Tipe Rantai/Tali	25
Gambar 2.9 Tipe <i>Catenary Line</i>	25
Gambar 2.10 Tipe <i>Taut Line</i>	25
Gambar 2.11 Tipe <i>Tension Leg</i>	26
Gambar 2.12 konfigurasi <i>mooring</i>	27
Gambar 3.1 Diagram alir Pengerjaan Tugas Akhir	33
Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan CGWAVE Pada <i>Software Moses</i>	34
Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan <i>Floating Breakwater</i> Pada <i>Software Moses</i>	35
Gambar 3.4 Diagram Alir Pemodelan Tali Tambat Pada <i>Software Orcaflex</i>	36
Gambar 3.5 Diagram Alir Pemodelan Tali Tambat Pada <i>Software Orcaflex</i>	37
Gambar 4.1 Diagram Mawar Tiap Bulan Tahun 2005-2014	41
Gambar 4.2 Diagram Mawar Angin Tahun 2005-2014	42
Gambar 4.3 Distribusi Kecepatan Angin	42
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Faktor Tegangan Angin dengan Panjang <i>Fetch</i>	44
Gambar 4.5 <i>Fetch</i> Arah Barat Daya di Nagan Raya, Aceh	45
Gambar 4.6 Model <i>Scatter</i> Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh	48
Gambar 4.7 Kontur Meshing Model Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh	49
Gambar 4.8 Kontur Tinggi Gelombang Kala Ulang 100 Tahunan Arah Barat Daya	49
Gambar 4.9 Profil Gelombang Arah Barat Daya	50
Gambar 4.10 Kontur Tinggi Gelombang Kala Ulang 100 Tahunan Arah Selatan	50
Gambar 4.11 Profil Gelombang Arah Selatan	51
Gambar 4.12 Layout <i>Floating Breakwater</i>	52
Gambar 4.13 Ilustrasi Bangunan <i>Floating Breakwater</i> Samping	52

Gambar 4.14 Ilustrasi Bangunan <i>floating breakwater</i> Tampak Atas	53
Gambar 4.15 Ilustrasi Bangunan <i>floating breakwater</i> Tampak Samping.....	53
Gambar 4.16 Material <i>Floating Breakwater</i>	55
Gambar 4.17 Pengaruh Gaya Apung Terhadap Struktur Tampak Samping.....	55
Gambar 4.18 Satu <i>Module Floating Breakwater</i> yang tercelup air.	58
Gambar 4.19 Ilustrasi Titik Pusat dan Arah Gerakan <i>Floating Breakwater</i>	59
Gambar 4.20 <i>floating breakwater</i> dengan titik acuan pada <i>midship</i>	59
Gambar 4.21 Pemodelan MOSES yang menunjukkan letak COG <i>Floating Breakwater</i>	62
Gambar 4.22 Dimensi Satu <i>Module Floating Breakwater</i>	65
Gambar 4.23 Skenario arah datang gelombang pada <i>floating breakwater</i> tampak atas.	67
Gambar 4.24 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Barat Daya	67
Gambar 4.25 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Selatan.....	68
Gambar 4.26 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Barat Daya	69
Gambar 4.27 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Selatan	69
Gambar 4.28 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Barat Daya	70
Gambar 4.29 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Selatan.....	70
Gambar 4.30 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Barat Daya...	71
Gambar 4.31 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Selatan	72
Gambar 4.32 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Barat Daya .	72
Gambar 4.33 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Selatan	73
Gambar 4.34 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Barat Daya...	74
Gambar 4.35 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Selatan	74
Gambar 4.36 <i>Floating Breakwater</i> Yang Sudah Tertambat	76
Gambar 4.37 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30 ⁰	82
Gambar 4.38 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45 ⁰	82
Gambar 4.39 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60 ⁰	82
Gambar 4.40 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30 ⁰	83
Gambar 4.41 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45 ⁰	83

Gambar 4.42 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Surge</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	84
Gambar 4.43 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	85
Gambar 4.44 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	85
Gambar 4.45 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	86
Gambar 4.46 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	86
Gambar 4.47 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	87
Gambar 4.48 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Sway</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	87
Gambar 4.49 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	88
Gambar 4.50 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	88
Gambar 4.51 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	89
Gambar 4.52 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	89
Gambar 4.53 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	90
Gambar 4.54 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Heave</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	90
Gambar 4.55 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	91
Gambar 4.56 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	91
Gambar 4.57 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	92
Gambar 4.58 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	92

Gambar 4.59 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	93
Gambar 4.60 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Roll</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	93
Gambar 4.61 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	94
Gambar 4.62 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	94
Gambar 4.63 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	95
Gambar 4.64 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	95
Gambar 4.65 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	96
Gambar 4.66 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Pitch</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	96
Gambar 4.67 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	97
Gambar 4.68 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	97
Gambar 4.69 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	98
Gambar 4.70 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0	98
Gambar 4.71 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0	99
Gambar 4.72 Respon Spektrum <i>Floating Breakwater</i> pada Gerakan <i>Yaw</i> arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0	99

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Amplitudo dan tinggi gelombang pada spektrum	9
Tabel 2.2 Koefisien Empiris Penentuan Distribusi	16
Tabel 2.3 <i>Kriteria safety factor tali tambat</i>	29
Tabel 4.1 Persentasi Kejadian Arah dan Kecepatan Angin.....	41
Tabel 4.2 Faktor Tengangan Angin Barat Daya 2005-2014	43
Tabel 4.3 <i>Fetch</i> Efektif Arah Barat Daya di Nagan Raya, Aceh	45
Tabel 4.4 Tinggi Gelombang dan Periode Signifikan.....	46
Tabel 4.5 Tinggi Gelombang dan periode signifikan Kala Ulang	47
Tabel 4.6 Elevasi Pasang Surut.....	47
Tabel 4.7 Dimensi Bangunan Satu <i>Module Floating Breakwater</i> Tanpa Tinggi Struktur	53
Tabel 4.8 Dimensi Bangunan Satu <i>Module Floating Breakwater</i>	57
Tabel 4.9 Berat Satu <i>Module Floating Breakwater</i>	57
Tabel 4.10 Perhitungan Volume Tercelup pada 1 <i>Module Floating Breakwater</i>	58
Tabel 4.11 <i>Centre Of Gravity</i> masing-masing bidang pada <i>floating breakwater</i>	60
Tabel 4.12 Momen Masing - Masing Bidang	61
Tabel 4.13 Hasil Perhitungan <i>Centre Of Gravity floating breakwater</i>	62
Tabel 4.14 Momen Inersia Masing – Masing Bidang.....	63
Tabel 4.15 Nilai Hidrostatik pada <i>Floating breakwater</i> pada output <i>software MOSES</i>	65
Tabel 4.16 Validasi nilai – nilai hidrostatik dengan perhitungan manual	66
Tabel 4.17 Kondisi Lingkungan pada Nagan Raya , Aceh	75
Tabel 4.18 Letak Pemasangan Tali Tambat Kemiringan Tali Tambat 30 ⁰	77
Tabel 4.19 Letak Pemasangan Tali Tambat Kemiringan Tali Tambat 45 ⁰	77
Tabel 4.20 Letak Pemasangan Tali Tambat Kemiringan Tali Tambat 60 ⁰	77
Tabel 4.21 Panjang Tali Tambat	77
Tabel 4.22 <i>Kriteria safety factor tali tambat</i>	78
Tabel 4.23 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 30 ⁰ Arah Barat Daya	79
Tabel 4.24 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 45 ⁰ Arah Barat Daya	79
Tabel 4.25 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 60 ⁰ Arah Barat Daya	79
Tabel 4.26 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 30 ⁰ Arah Selatan	80
Tabel 4.27 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 45 ⁰ Arah Selatan	80
Tabel 4.28 <i>Tension</i> dan <i>Offset</i> pada Kemiringan Tali Tambat 60 ⁰ Arah Selatan	80

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A DIAGRAM MAWAR TIAP TAHUN

LAMPIRAN B PERHITUNGAN KALA ULANG

LAMPIRAN C PERHITUNGAN DRAFT DAN FREEBOARD BANGUNAN

LAMPIRAN D PERHITUNGAN BEBAN LINGKUNGAN

LAMPIRAN E KATALOG TALI TAMBAT

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

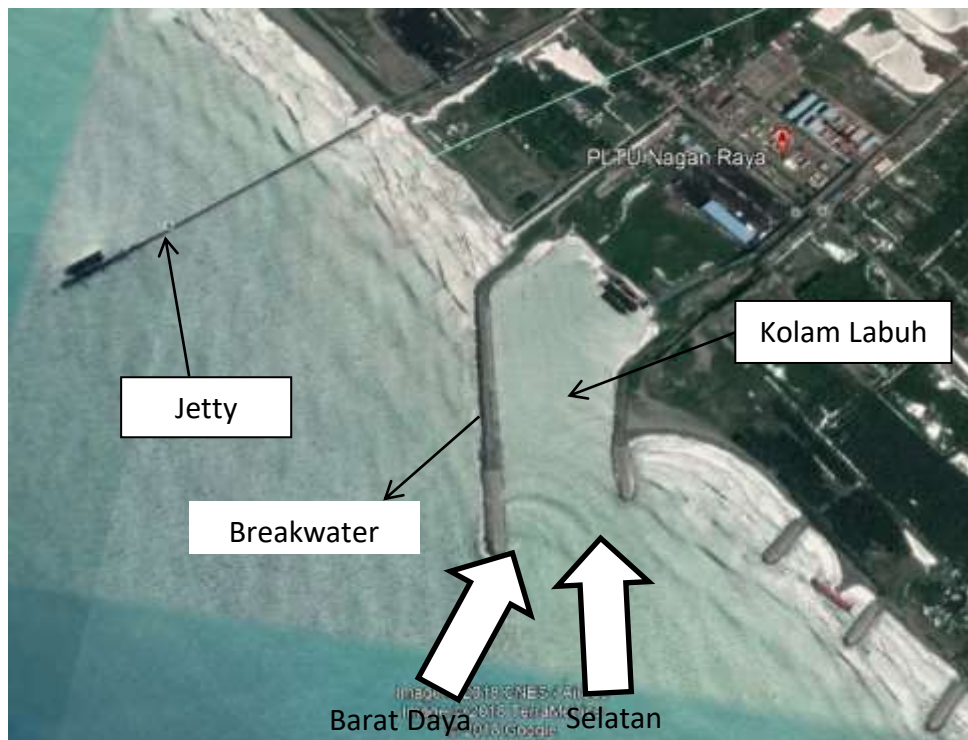
1.1 Latar Belakang Permasalahan

Wilayah Indonesia merupakan negara kepulauan menjadikan Indonesia memiliki kawasan pantai yang sangat panjang. Wilayah pantai merupakan wilayah yang strategis yang dapat dimanfaatkan dan dikembangkan oleh masyarakat, seperti sebagai kawasan industri, pariwisata, pemukiman penduduk, kegiatan perikanan atau tambak, pelabuhan dan lain sebagainya. Namun seiring dengan pemanfaatan wilayah pantai saat ini timbul beberapa permasalahan pantai. Beberapa permasalahan pantai yang sering terjadi yaitu sedimentasi, erosi, pencemaran laut dan lain sebagainya.

Salah satunya merupakan Pelabuhan Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Nagan Raya. merupakan salah satu pelabuhan yang mendukung operasi utama dari pembangkit listrik dalam memasok batubara sebagai bahan bakar utama penggerak mesin. Pelabuhan ini terletak sekitar 10 km ke arah selatan Kota Meulaboh dan berada di Kabupaten Nagan Raya. Sebagai PLTU yang pertama hadir di Provinsi Aceh, maka keberadaan operasional PLTU ini sangat penting jika ditinjau dari kebutuhan energi listrik di pantai barat selatan Aceh dan juga kawasan lainnya di Aceh.

Pada saat ini konstruksi breakwater untuk melindungi kolam pelabuhan di PLTU Nagan Raya telah selesai dibangun. Sejak selesainya konstruksi pembangunan pelabuhan PLTU Nagan Raya terjadi proses sedimentasi di dalam kolam pelabuhan yang mengancam operasional pelabuhan dan PLTU. Syarat kedalaman perairan untuk operasi kapal tidak lagi terpenuhi, pelabuhan PLTU Nagan Raya juga mengalami permasalahan gelombang terutama gelombang yang datang dari arah barat daya dan selatan karena PLTU Nagan Raya langsung berhubungan dengan Samudera Hindia (Sujantoko, 2015). Untuk mencegah dampak dari kerusakan wilayah pantai maka dibutuhkan struktur-struktur pelindung pantai diantaranya yaitu *breakwater*.

Lokasi pelabuhan dapat ditinjau pada gambar dibawah ini.



Gambar 1.1 Lokasi Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh

Di dunia ini terdapat dua jenis *Breakwater* yaitu *Conventional Breakwater* dan *Unconventional Breakwater*. Salah satu *Unconventional Breakwater* yaitu *Floating Breakwater* biasa digunakan di perairan *Transien* dan *deepwater*. Untuk *Conventional Breakwater* biasa disebut dengan *Bottom-founded Breakwater* terdapat banyak macam jenisnya tergantung dari material yang digunakan. Akhir-akhir ini para peneliti telah mengembangkan struktur *breakwater* menjadi pemecah gelombang terapung (*floating breakwater*).

Dalam penggunaan *Floating Breakwater* hal yang penting diperhatikan adalah stabilitas dari struktur tersebut. Sebuah *Floating Breakwater* yang ditambat harus benar-benar dalam posisi yang stabil karena struktur ini merupakan struktur yang rentan berpindah posisi. Akibat dari gerakan struktur dari *Floating Breakwater* ini menyebabkan terjadi *tension* serta *offset* pada sistem tambat (*mooring*) struktur tersebut. (Manan,2017)

Pada penelitian kali ini penulis akan mendesain sistem tambat (*mooring*) yang akan digunakan berdasarkan analisis respon gerakan dari struktur tersebut dan *tension* pada sistem tambat (*mooring*) yang akan terjadi, serta melakukan analisis *motion* pada struktur *Floating Breakwater* tersebut di daerah Nagan Raya, Aceh. Karena Nagan Raya memiliki perairan yang cukup dalam serta memiliki permasalahan gelombang sehingga *Floating Breakwater*

merupakan cara untuk mengurangi gelombang yang datang. Pada proses analisis tersebut penulis akan menggunakan bantuan *software SMS, MOSES dan Orcaflex*.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana karakteristik tinggi gelombang yang memasuki kolam labuh dan sekitarnya?
2. Bagaimana respon gerak dari *Floating Breakwater* dalam keadaan *free floating* dan tertambat?
3. Bagaimana spesifikasi *mooring* yang digunakan pada *Floating Breakwater*?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Menganalisa karakteristik tinggi gelombang yang memasuki kolam labuh dan sekitarnya
2. Mengetahui respon gerak dari *Floating Breakwater* dalam keadaan *free floating* dan tertambat.
3. Mengetahui spesifikasi *mooring* yang digunakan pada *Floating Breakwater*

1.4 Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah membuat analisis numerik pada *mooring line Floating Breakwater*. Pemodelan numerik menjadi alat yang lebih ekonomis untuk menganalisis suatu masalah dibandingkan dengan memodelkan secara fisik. Pada penelitian tugas akhir ini hal yang dapat diketahui adalah respon gerak pada *floating breakwater* dalam kondisi *free floating* dan tertambat. Kemudian dari penelitian ini dapat diketahui tegangan maksimum yang terjadi pada sistem tambat (*mooring*) *floating breakwater* dan *offset* yang terjadi dalam batas aman sesuai dengan standar yang ada. Selain itu, dapat diketahui jenis *mooring* yang akan digunakan untuk operasional *floating breakwater* tersebut.

1.5 Batasan Masalah

Pembatasan masalah dilakukan untuk menghindari pembahasan yang melebar serta memudahkan penelitian dan dapat dicapai tujuan yang diharapkan. Batasan ruang lingkup yang diberlakukan adalah sebagai berikut:

1. Beban lingkungan yang ditinjau adalah beban gelombang, arus dan angin.
2. Analisis gelombang menggunakan *software Surface Water Modeling System (SMS)* Perhitungan karakteristik hidrostatik dan RAO menggunakan *software* MOSES, sedangkan untuk memperhitungkan tegangan dan *offset* menggunakan *software* Orcaflex.
3. Data Angin yang digunakan yakni dari tahun 2005 sampai tahun 2014
4. Seabed dianggap rata
5. Sambungan antar *floating breakwater* diabaikan
6. Redaman gelombang diabaikan
7. Beban *Anchor* dianggap kuat/*fixed*
8. Asumsi tebal beton 30 cm cukup kuat memakai tebal tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, rumusan masalah yang akan dibahas, tujuan yang hendak dicapai, manfaat dan batasan masalah yang dilakukan dalam pengerjaannya, serta sistematika penulisan tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

Pada bab ini menjelaskan tinjauan pustaka sebagai acuan untuk penelitian dalam tugas akhir ini dan berisi dasar teori yang menjelaskan tentang teori-teori pendukung diambil dari buku, jurnal, serta referensi tugas akhir sebelumnya yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini.

BAB III METODELOGI PENELITIAN

Bab ini menjelaskan tentang metodologi penulisan beserta prosedur yang digunakan dalam penulisan tugas akhir tersebut.

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini membahas tentang hasil data yang diperoleh, pemodelan struktur yang dilakukan di *software*. Bab ini juga membahas dan mengolah output yang didapat dari *running software*.

BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan dari analisis dan saran yang perlu dilakukan untuk mengembangkan penelitian berikutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Belakangan ini telah dikembangkan struktur pantai penahan gelombang yang efektif yang dapat mereduksi energy gelombang serta memberikan keuntungan-keuntungan positif. Seperti struktur pantai *breakwater* telah dikembangkan secara terapung yang disebut dengan *Floating Breakwater*. *Floating breakwater* dapat digunakan secara efektif pada area pantai dengan kondisi gelombang yang relatif ringan. Banyak penelitian yang mengulas serta mempelajari tentang *floating breakwater* (Dong 2008). Jenis yang paling umum digunakan *floating breakwater* adalah ponton persegi yang dihubungkan satu dengan yang lain dan ditambatkan ke dasar laut dengan menggunakan kabel atau rantai. Struktur terapung ini sesuai untuk pulau-pulau perbatasan dengan topografi laut dalam yang curam, dan keterbatasan bahan batu belah pada daerah tersebut (Rochani, 2007).

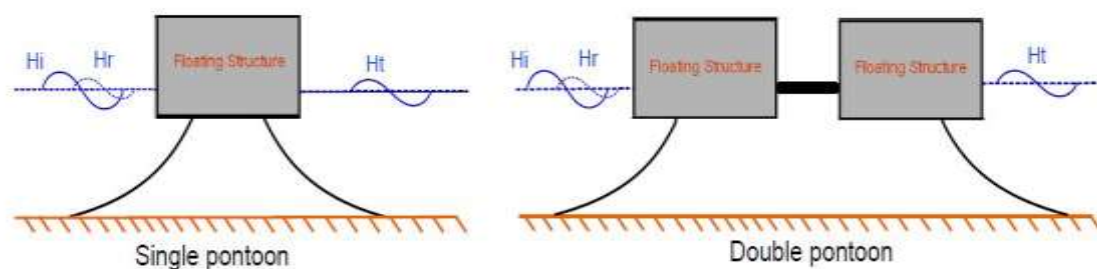
Priadi (1988), melakukan penelitian pada pemecah gelombang apung tipe *pontoon*, guna menetapkan parameter awal sistem peredam energi gelombang melalui pemecah gelombang terapung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan bahan dari kaca dengan ukuran panjang 18,03 cm serta memakai saluran gelombang yang panjang efektif 6 m. dari penelitian ini diperoleh bahwa transmisi gelombang dipengaruhi oleh periode gelombang (T), tinggi gelombang datang (H), panjang pontoon (s) dan kedalaman air (d).

Ada banyak jenis *Floating Breakwaters* yang dikembangkan sepanjang tahun. Dalam hal ini hanya jenis *Floating Breakwater* yang paling umum yang dibahas. Berdasarkan prinsip bagaimana *Floating Breakwater* mengurangi gelombang, dapat dikelompokkan menjadi dua bagian yaitu (Biesheuvel, 2013):

1. **Struktur reflektif**, jenis struktur ini mencerminkan gelombang masuk dan seringkali merupakan struktur yang kaku. Istilah yang kaku menyiratkan di sini bahwa struktur tidak berubah bentuk di bawah beban gelombang.
2. **Struktur disipatif**, jenis struktur ini menghilangkan energi gelombang dengan turbulensi, gesekan dan deformasi non elastis. Seringkali struktur ini fleksibel

2.1.1 Pontoon Floating Breakwater

Kelompok struktur prisma (*pontoon* tunggal, *pontoon* ganda, atau variasi lainnya) merupakan bentuk sederhana dari *Floating Breakwater* yang bersifat reflektif. Bentuk prisma ini memiliki banyak fungsi, diantaranya penggunaan seperti trotoar, penyimpanan, tambahan perahu, dan juga sebagai dermaga. Beberapa faktor yang berpengaruh dalam kontribusi *pontoon Floating Breakwater* adalah jari – jari rotasi, dan pengaruh karakteristik gelombang. Desain dari sistem *double-pontoon* mencoba menggabungkan massa yang relatif besar dan jari – jari besar rotasi, dan konfigurasi *pontoon* ini mampu berfungsi sebagai dermaga apung. Dalam hal ini, stabilitas dan kinerja struktur dalam berbagai kondisi pembebanan akan menjadi pertimbangan utama dalam desain. Konstruksi *Floating Breakwater* biasanya dipasang sejajar atau tegak lurus pantai untuk menjaga kondisi yang tetap stabil di pelabuhan.



Gambar 2.1 Jenis *pontoon Floating Breakwater* (Biesheuvel, 2013)

Pada pengerjaan tugas akhir ini penulis akan melakukan analisis tali tambat (*mooring*) serta *motion* pada bangunan *Floating Breakwaters* Jenis *Pontoon*, difokuskan untuk mencari spesifikasi *mooring* yang akan digunakan serta pergerakan (*Motion*) pada *Floating Breakwater* di daerah Nagan Raya, Aceh. Untuk mengetahui spesifikasi *mooring* yang digunakan dan *motion Floating Breakwater* peneliti akan menganalisis dahulu respon gerak bangunan dari *Floating Breakwater* kemudian dilanjutkan mencari nilai *tension* maksimum pada sistem tambat (*mooring*) kemudian memilih spesifikasi *mooring* yang sesuai dengan standard API RP 2SK. Pada pengerjaan tugas akhir ini juga peneliti menganalisis masalah dibantu menggunakan beberapa *software* seperti *Moses*, dan *Orcaflex*.

2.1.2 Kelebihan dan Kekurangan Floating Breakwater

Suatu desain penahan gelombang akan memiliki dampak keuntungan dan kerugian yang diakibatkan, walaupun banyak penelitian menyatakan *floating breakwater* memilikinbanyak segi positif, namun *floating breakwater* juga memiliki kekurangan ataupun

kerugian yang juga harus dipertimbangkan. Keuntungan floating breakwater diantaranya adalah:

1. Floating breakwater lebih murah dibandingkan dengan fixed breakwater untuk laut dalam dapat mencapai kedalaman 20 ft (6.1 m) (McCartney & Asce, 1985). Bahkan kedalaman bisa sampai 30 -40 ft Studi ini juga diperkuat oleh penelitian dari (Hales, 1981)
2. Floating breakwater bisa lebih layak dalam kondisi tanah yang buruk dari fixed breakwater (Fousert, 2006), (McCartney & Asce, 1985)
3. *Floating breakwater* dapat mereduksi tinggi gelombang (sampai 10 ft) (Hales, 1981).
4. Floating breakwater dapat dengan mudah dipindahkan dan dimodifikasi, dapat digunakan kembali serta transportasi dan fleksibilitas yang efektif dalam desain (Hales, 1981) ,(Fousert, 2006)
5. Jika formasi es menimbulkan masalah, floating brakwater dapat dipindahkan dari lokasi (Hales, 1981)
6. *Floating breakwater* dapat memiliki nilai estetika dibandingkan fixed breakwater (McCartney & Asce, 1985).

Kerugian dari penggunaan *floating breakwater* antara lain (Biesheuvel, 2013):

1. Jika dibandingkan dengan breakwater pada umumnya, *floating breakwater* lebih membutuhkan biaya pemeliharaan yang besar
2. Respons dinamis terhadap gelombang yang masuk dapat menyebabkan masalah kelelahan dan gayaambat yang berat
3. Sensitif untuk frekuensi gelombang yang mendekati frekuensi alami (resonansi)

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Gelombang

Gelombang merupakan parameter penting karena dapat menjelaskan gelombang air berupa panjang gelombang, tinggi gelombang dan kedalaman air. Banyak parameter yang dapat digunakan untuk mencari panjang gelombang laut.

Gelombang Laut Acak

Gelombang laut Acak adalah gelombang yang mempunyai tinggi dan periode gelombang yang berubah terhadap waktu. Gelombang ini dapat diklasifikasikan kedalam spectrum tertentu yang bergantung dari tinggi dan periode gelombangnya. Jenis spectrum yang ada antara lain Spektrum Bretschneider, Jonswap, Goda, dan lain-lain. Menurut Bhattacharyya (1972), gelombang irreguler tidak dapat didefinisikan menurut pola atau bentuknya, tetapi menurut energi total dari semua gelombang yang membentuknya

$$E_T = \sum E_i \quad (2.1)$$

atau dalam bentuk lain :

$$E_T = \frac{1}{2} \rho g \sum \xi a_i \quad (2.2)$$

Dengan :

E_T = energi total (joule/m)

E_i = energi masing-masing gelombang sinusoidal (joule/m)

ρ = densitas air laut (kg/m³)

g = percepatan gravitasi (m/dt²)

ξa_i = amplitudo gelombang (m)

Dengan demikian gelombang di laut dapat dinyatakan menurut distribusi energi terhadap frekuensi gelombang, panjang gelombang, dan periode gelombang. Distribusi energi gelombang menurut frekuesinya disebut spektrum gelombang.

2.2.2 Spektrum Gelombang

Pemilihan spektrum energi gelombang untuk memperoleh respon spektra suatu struktur didasarkan pada kondisi real laut yang ditinjau. Bila tidak ada, maka dapat digunakan model spektrum. Menurut (Chakrabarti, 1987) pada umumnya persamaan spektra akan didasarkan pada satu atau beberapa parameter, misalnya tinggi gelombang, periode gelombang, parameter bentuk, dan sebagainya, dan perhitungannya dilakukan secara inkremental sebagai fungsi perubahan frekuensi.

fungsi luasan di bawah kurva spektrum respon atau merupakan variasi elevasi gerakan, yaitu sebagai berikut :

$$m_{r0} = \int_0^{\infty} S_{\zeta}(\omega) d\omega \quad (2.3)$$

Berdasarkan persamaan diatas jika diturunkan akan didapatkan harga-harga statistik gerakan sebagai fungsi varian elevasi gerakan m_{r0} , yaitu misalnya sebagai amplitudo gerakan rata-rata yang dihitung sebagai :

$$\bar{\zeta}_r = 1.25\sqrt{m_{r0}} \quad (2.4)$$

Harga amplitudo gerakan signifikan dihitung sebagai :

$$\zeta_{rs} = 2.0\sqrt{m_{r0}} \quad (2.5)$$

Dan amplitudo respon ekstrim yang berpeluang terjadi dalam waktu T jam dapat dihitung dengan persamaan :

$$\hat{\zeta}_r = \sqrt{m_{r0}} \times \sqrt{\left\{ 2 \ln \left(\frac{60^2 T}{2\pi} \sqrt{\frac{m_{r2}}{m_{r0}}} \right) \right\}} \quad (2.6)$$

Harga m_{r2} merupakan momen kedua dari luasan di bawah kurva spektrum respon.

Tabel 2.1 Amplitudo dan tinggi gelombang pada spektrum

Profil Gelombang	Amplitudo	Tinggi
Gelombang rata-rata	$1.25\sqrt{m_0}$	$2.5\sqrt{m_0}$
Gelombang signifikan	$2.00\sqrt{m_0}$	$4.00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/10 gelombang tertinggi	$2.55\sqrt{m_0}$	$5.00\sqrt{m_0}$
Rata-rata 1/1000 gelombang tertinggi	$3.44\sqrt{m_0}$	$6.67\sqrt{m_0}$

Bersamaan dengan semakin meningkatnya intensitas studi yang dilakukan mengenai respon gerak pada gelombang acak telah banyak dihasilkan spektrum gelombang yang beragam sesuai dengan kondisi lingkungan yang dianalisis. Jenis-jenis spektrum gelombang yang biasa digunakan dalam perhitungan adalah model Pierson-Moskowitz (1964), ISSC (1964), Scott (1965), Bretschneider (1969), JONSWAP (1973), ITTC (1975) dan Wang (1991). Spektrum gelombang yang digunakan dalam analisis ini mengacu pada spektrum gelombang JONSWAP karena karakteristik perairan Indonesia yang tertutup/kepulauan sehingga cocok dengan karakter spektrum JONSWAP. Namun dari sejumlah kajian, untuk

perairan Indonesia disarankan memakai parameter γ yang lebih kecil, sekitar 2.0 sampai 2.5. Hal ini pada intinya adalah untuk mengurangi dominasi energi yang dikontribusikan oleh frekuensi gelombang tertentu saja (Djarmiko, 2012). Persamaan spektrum JONSWAP menurut Djarmiko (2012) dapat ditulis dengan.

$$S_j(\omega) = A_\gamma S_{pm}(\omega) \gamma^{\exp(-0.5(\frac{\omega-\omega_p}{\sigma\omega_p})^2)} \quad (2.7)$$

Dimana,

$S_{pm}(w)$	= Spektra Pierson-Moskowitz
	$= \frac{5}{16} H_s^2 \omega_p^4 \omega^{-5} \exp(-\frac{5}{4}(\frac{\omega}{\omega_p})^{-4})$
γ	= parameter puncak (<i>peakedness parameter</i>)
σ	= parameter bentuk (<i>shape parameter</i>) untuk $\omega \leq \omega_0 = 0,07$ dan $\omega \geq \omega_0 = 0,09$
A_γ	= normalizing factor = $1 - 0.287 \ln(\gamma)$
w	= wave frequency (rad/sec)
w_p	= angular spectral peak frequency (rad/sec)
H_s	= tinggi gelombang signifikan (m)
Tp	= periode puncak (s)

Persamaan Spektra JONSWAP di atas menggunakan input *fetch* dan kecepatan angin. Berikut ini merupakan Pers. (2.8) spektrum JONSWAP yang menggunakan input tinggi gelombang signifikan dan periode. Persamaannya adalah sebagai berikut (Djarmiko & Sujantoko, 2003)

$$S(\omega) = 155 \frac{H_s^2}{T^4 \omega^4} \exp\left(\frac{-944}{T^4 \omega^4}\right) \gamma^\alpha \quad (2.8)$$

2.2.3 Angin

Angin adalah udara yang bergerak akibat adanya perbedaan tekanan, yaitu dari daerah dengan tekanan udara tinggi ke daerah dengan tekanan udara rendah. Perbedaan tekanan ini terjadi akibat adanya perbedaan temperatur. Pengamatan dilakukan selama sepanjang tahun dengan penggantian kertas grafik dan asesoris lainnya tiap 1 bulan. Data tersebut pada umumnya dipilah berdasarkan statistik distribusi kecepatan dan arah angin serta presentasinya, atau lebih dikenal dengan istilah diagram mawar dengan periode bulanan, tahunan atau beberapa tahun pencatatan. Dengan diagram mawar ini maka karakteristik angin dapat dibaca dengan tepat dan cepat seperti angin dengan kecepatan tertentu dan durasinya, kecepatan angin maksimum, arah angin, dan dapat pula dihitung kecepatan angin rerata harian.

2.2.4 Fetch

Dalam tinjauan pembangkitan gelombang dilaut, *fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Di daerah pembentukan gelombang, gelombang tidak hanya dibangkitkan dalam arah yang sama dengan arah angin tetapi juga dalam berbagai sudut terhadap arah angin. *Fetch* rerata efektif diberikan oleh persamaan berikut (Triatmodjo, 1999)

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (2.9)$$

dengan :

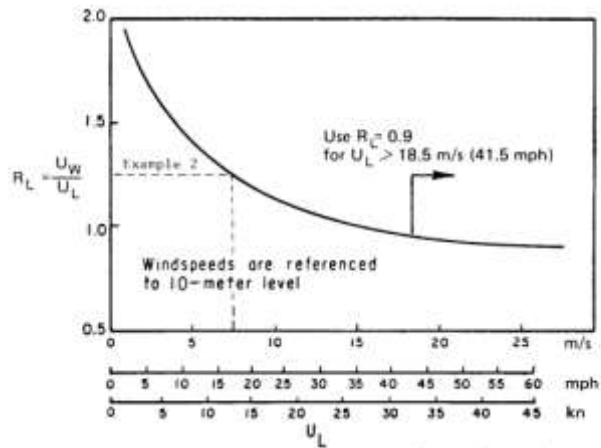
F_{eff} = *fetch* efektif

X_i = panjang garis *fetch*

α = deviasi pada kedua sisi dari arah angin, dengan menggunakan pertambahan 6° sampai sudut sebesar 42° pada kedua sisi dari arah angin.

2.2.5 Pembangkitan Gelombang Oleh Angin

Angin yang berhembus di atas permukaan air yang semula tenang akan menyebabkan gelombang kecil di atas permukaan air. Apabila kecepatan angin bertambah, akan menjadi semakin besar, dan apabila angin berhembus terus akhirnya akan terbentuk gelombang. Semakin lama semakin kuat angin berhembus semakin besar gelombang yang terbentuk. Panjang *fetch* membatasi waktu yang diperlukan gelombang untuk berada di bawah pengaruh angin. Jadi apabila *fetch* nya pendek, energi yang ditransfer angin ke air belum cukup besar, sehingga gelombang yang terjadi belum cukup tinggi. Gelombang dengan periode lama akan terjadi jika *fetch* cukup panjang. Gambar 2.6 digunakan untuk menentukan kecepatan angin (U_w).



Gambar 2.2 Hubungan antara Kecepatan Angin di Darat (U_L) dengan Kecepatan Angin di Laut (U_W)

$$R_L = \frac{U_W}{U_L} \quad (2.10)$$

Keterangan :

R_L : Hubungan U_L dan U_W (kecepatan angin di darat dan laut)

U_W : Kecepatan angin di atas permukaan laut (m/s)

U_L : Kecepatan angin di daratan (m/s)

kecepatan angin yang berada di permukaan laut yang didapat dari Gambar.26 tersebut masih harus dirubah ke faktor tegangan angin U_A (wind-stress factor) yang dapat dihitung dengan rumus berikut :

$$U_A = 0,71 U_w^{1,23} \quad (2.11)$$

Keterangan :

U_w = kecepatan angin m/det.

U_A = faktor tegangan angin (*wind stress factor*)

Tinggi gelombang signifikan (H_s), periode signifikan (T_s) didapatkan dengan cara memasukkan nilai wind stress factor, U_A , panjang *fetch* efektif, F_{eff} pada grafik SPM atau dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam formulasi persamaan *forecasting* gelombang laut dalam berikut ini yang merupakan formulasi pendekatan dari SPM (*Shore Protection Manual*), 1984 vol. 1 sebagai berikut:

$$H_o = 5.112 \times 10^{-4} \times U_A \times F_{eff}^{0.5} \quad (2.12)$$

$$T_o = 6.238 \times 10^{-2} \times [U_A \times F_{eff}]^{0.5} \quad (2.13)$$

$$T = 3.2115 \times [F_{eff}^2 / U_a]^{1/3} \quad (2.14)$$

Keterangan :

H_o = tinggi gelombang laut dalam (m)

T_o = periode gelombang laut dalam (s)

T = durasi gelombang

F_{eff} = panjang rerata efektif

U_A = kecepatan angin dalam m/det.

Sehingga dapat dihitung nilai H_s dan T_s menggunakan rumus berikut :

$$H_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N H_i^2} \quad (2.15)$$

$$H_s = 1.416 \times H_{rms} \quad (2.16)$$

$$T_{rms} = 1.416 \times H_{rms} \quad (2.17)$$

$$H_{avg} = \frac{H_o}{n} \quad (2.18)$$

$$T_{avg} = \frac{T_o}{n} \quad (2.19)$$

Keterangan :

H_{rms} = H root mean square (m)

H_s = Tinggi gelombang signifikan (m)

T_s = Periode Gelombang Signifikan (s)

H_{avg} = tinggi gelombang laut dalam rata-rata (m)

T_{avg} = periode gelombang laut dalam rata-rata (s)

2.2.6 *Perkiraan Gelombang Dengan Periode Ulang*

Dari setiap tahun pencatatan dapat ditentukan gelombang representatif, seperti H_s , H_{10} , H_1 , H maks dan sebagainya. Berdasar data representatif untuk beberapa tahun pengamatan dapat diperkirakan gelombang yang diharapkan disamai untuk dilampaui satu

kali dalam T tahun, gelombang tersebut dikenal dengan gelombang periode ulang T tahun atau gelombang T tahunan

Apabila data yang tersedia hanyalah berupa data angin, maka analisis dilakukan terhadap data tersebut yang kemudian hasil analisisnya digunakan untuk memprediksi dan meramalkan gelombang. Dalam hal ini gelombang hasil prediksi dan peramalan adalah gelombang signifikan.

Ada dua metode untuk memprediksi gelombang dengan periode ulang tertentu, yaitu distribusi Gumbel (Fisher-Tippett Type I) dan distribusi Weibull (CERC, 1992). Tidak ada petunjuk yang jelas untuk memilih satu dari kedua metode tersebut. Biasanya pendekatan dilakukan dengan kedua metode kemudian dipilih satu yang memberikan hasil terbaik (Triadmojo, 1999).

Data yang dimasukkan terlebih dahulu disusun dari data terbesar hingga terkecil. Selanjutnya probabilitas ditetapkan untuk setiap tinggi gelombang sebagai berikut:

1. Distribusi Fisher-Tippett Type I

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.44}{N_T+0.12} \quad (2.20)$$

2. Distribusi Weibull

$$P(H_s \leq H_{sm}) = 1 - \frac{m-0.2-\frac{0.27}{\sqrt{k}}}{N_T+0.2+\frac{0.23}{\sqrt{k}}} \quad (2.21)$$

di mana:

$P(H_s \leq H_{sm})$: probabilitas tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui

H_{sm} : tinggi gelombang urutan ke m

m : nomor urut tinggi gelombang signifikan = 1, 2, 3, ..., N

N_T : jumlah kejadian gelombang selama pencatatan

Parameter A dan B dihitung dengan metode kuadrat terkecil untuk setiap tipe distribusi yang digunakan. Hitungan didasarkan pada analisis regresi linier dari hubungan berikut:

$$H_m = \hat{A}y_m + \hat{B} \quad (2.22)$$

Di mana y_m diberikan oleh bentuk berikut:

Untuk distribusi Fisher-Tippett Tipe I:

$$y_m = -\ln\{-\ln F(H_m \leq H_{sm})\} \quad (2.23)$$

Untuk distribusi Weibull:

$$y_m = [-\ln\{1 - \ln F(H_m \leq H_{sm})\}]^{1/\kappa} \quad (2.24)$$

dengan A dan B adalah perkiraan dari parameter skala dan lokal yang diperoleh dari analisis regresi linier.

Periode Ulang

Tinggi gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang dihitung dari fungsi distribusi probabilitas dengan menggunakan persamaan berikut:

$$H_{sr} = \hat{A}y_r + \hat{B} \quad (2.25)$$

di mana y_r didapatkan dari:

Untuk distribusi Fisher-Tippett Tipe I:

$$y_r = -\ln\left\{-\ln\left(1 - \frac{1}{LT_r}\right)\right\} \quad (2.26)$$

Untuk distribusi Weibull:

$$y_r = \{\ln(LT_r)\}^{1/\kappa} \quad (2.27)$$

dengan:

H_{sr} : tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

T_r : periode ulang (tahun)

K : panjang data (tahun)

L : rata-rata jumlah kejadian per tahun

$$= \frac{N_T}{K}$$

Interval Keyakinan

Perkiraan interval keyakinan sangat penting dalam analisis gelombang ekstrem. hal ini karena biasanya periode pencatatan gelombang pendek dan tingkat ketidakpastian yang tinggi dalam perkiraan gelombang ekstrem. batas keyakinan sangat dipengaruhi oleh penyebaran data, sehingga nilainya tergantung pada deviasi standar. Merujuk pada buku

Teknik Pantai (Triadmojo, 1999) digunakan pendekatan yang dilakukan oleh Gumbel dan Goda. Deviasi standar yang dinormalkan dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_{nr} = \frac{1}{\sqrt{N}} [1 + \alpha(y_r - c - \varepsilon \ln v)^2]^{1/2} \quad (2.28)$$

dengan:

σ_{nr} : standar deviasi yang dinormalkan dari tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r

N : jumlah data tinggi gelombang signifikan

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.3} + \kappa \sqrt{-\ln v}} \quad (2.29)$$

$\alpha_1, \alpha_2, \varepsilon, \kappa$ merupakan koefisien empiris yang diberikan pada tabel

$$v = \frac{N}{N_T} \quad (2.30)$$

Tabel 2.2 Koefisien Empiris Penentuan Distribusi

Distribusi	α_1	α_2	ε	c	κ
FT-1	0.64	9.0	0.93	0.0	1.33
Weibull (k = 0.75)	1.65	11.4	-0.63	0.0	1. ¹⁵
Weibull (k = 1.0)	1.92	11.4	0.00	0.3	0.90
Weibull (k = 1.4)	2.05	11.4	0.69	0.4	0.72
Weibull (k = 2.0)	2.24	11.4	1.34	0.5	0.54

(Sumber: Triadmojo, 1999)

Besaran absolut dari deviasi standar dari tinggi gelombang signifikan dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma_{H_s} \quad (2.31)$$

Periode Gelombang signifikan untuk berbagai periode ulang terdapat dalam persamaan (Kamphuis, 2000) yaitu :

$$T_p = 3.54 \times H_s^{0.61} \quad (2.32)$$

2.2.7 Pasang Surut

Data pasang surut diperlukan untuk menentukan elevasi muka air rencana, dan dimensi bangunan-bangunan pantai, yang dapat diperoleh dari data pengukuran. Dari data pasang surut dapat diperoleh elevasi muka air rencana sebagai berikut, yaitu HHWL, MHWL, MSL, MLWL, LLWL. Elevasi muka air rencana ditentukan dari penjumlahan

beberapa parameter yaitu pasang surut, tsunami, *wave setup*, *wind setup* dan kenaikan muka air karena perubahan suhu global.

Elevasi muka air sangat penting dalam merencanakan bangunan-bangunan pantai. Sebagai pedoman dalam perencanaan perlu ditetapkan suatu elevasi muka air laut berdasarkan data pasang surut. Beberapa elevasi tersebut adalah:

- a. muka air tinggi (*high water level*, HWL) muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut,
- b. muka air rendah (*low water level*, LWL) kedudukan air terendah yang dicapai pada saat air surut dalam satu siklus pasang surut,
- c. muka air tinggi rerata (*mean high water level*, MHWL) adalah rerata dari muka air tinggi selama periode 19 tahun (ideal),
- d. muka air rendah rerata (*mean low water level*, MLWL) adalah rerata dari muka air rendah selama periode 19 tahun (ideal),
- e. muka air laut rerata (*mean sea level*, MSL) adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air rendah rerata,
- f. muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*, HHWL) adalah air tertinggi pada saat pasang surut purnama atau bulan mati,
- g. muka air rendah terendah (*lower low water level*, LLWL) adalah air terendah pada saat pasang surut atau bulan mati.

Dalam perencanaan bangunan-bangunan pantai (misal pelabuhan), untuk menentukan elevasi muka air rencana diperlukan data pasang surut minimal selama 15 hari. Pengamatan selama 15 hari tersebut telah mencapai satu siklus pasang surut yang meliputi pasang purnama dan perbani. Penetapan elevasi muka air laut rencana berdasar MHWL atau HHWL, tergantung pada kepentingan bangunan yang direncanakan.

2.2.8 Teori Dasar Gerak Bangunan Laut Akibat Eksitasi Gelombang

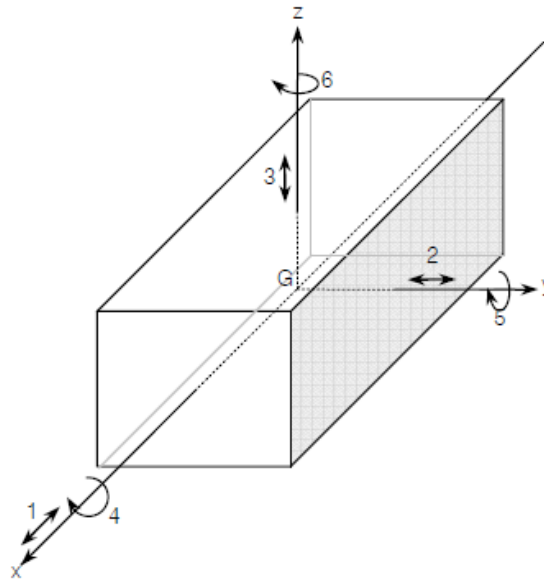
Pada dasarnya benda yang mengapung mempunyai 6 mode gerakan bebas yang terbagi menjadi dua kelompok, yaitu 3 mode gerakan translasional dan 3 mode gerakan rotasional. Berikut adalah keenam mode gerakan tersebut :

a. Mode gerak translasional

- *Surge*, gerakan transversal arah sumbu x : $a\ddot{x} + b\dot{x} + cx = F_o \cos \omega_e t$
- *Sway*, gerakan transversal arah sumbu y : $a\ddot{y} + b\dot{y} + cy = F_o \cos \omega_e t$
- *Heave*, gerakan transversal arah sumbu z : $a\ddot{z} + b\dot{z} + cz = F_o \cos \omega_e t$

b. Mode gerak rotasional

- *Roll*, gerakan rotasional arah sumbu x : $a\ddot{\phi} + b\dot{\phi} + c\phi = M_o \cos \omega_e t$
- *Pitch*, gerakan rotasional arah sumbu y : $a\ddot{\theta} + b\dot{\theta} + c\theta = M_o \cos \omega_e t$
- *Yaw*, gerakan rotasional arah sumbu z : $a\ddot{\varphi} + b\dot{\varphi} + c\varphi = M_o \cos \omega_e t$



Gambar 2.3 Derajat kebebasan gerak struktur apung (Fousert, 2006)

2.2.9 Beban Lingkungan

Gaya Angin

Beban angin merupakan beban dinamis, tetapi beberapa struktur akan meresponnya pada model statis yang paling mendekati. Dalam perancangan bangunan lepas pantai pada umumnya, perhitungan beban angin didasarkan pada besarnya kecepatan ekstrim dengan periode ulang 50 atau 100 tahun. Semakin lama periode ulang yang digunakan, maka resiko kegagalan semakin besar.

Berdasarkan (OCIMF, 2010), perhitungan beban angin didefinisikan sebagai berikut :

Longitudinal wind force

$$F_{xw} = C_{xw} \left(\frac{\rho_w}{7600} \right) V_w^2 A_T \quad (2.33)$$

Lateral wind force

$$F_{yw} = C_{yw} \left(\frac{\rho_w}{7600} \right) V_w^2 A_L \quad (2.34)$$

Keterangan :

F_{xw}	= gaya angin longitudinal (N)
F_{yw}	= gaya angin lateral (N)
C_{xw}	= koefisien gaya angin longitudinal non dimensional
C_{yw}	= koefisien gaya angin transversal non dimensional
ρ_w	= densiti udara = 1.223 Kg/m ³ pada 20 ⁰ C
V_w^2	= kecepatan angin pada ketinggian 10m (m/s)
A_T	= luas penampang transversal diatas air (m ²)
A_L	= luas penampang longitudinal diatas air (m ²)

Gaya Arus

Selain gelombang dan angin, arus juga memberikan gaya terhadap struktur bangunan lepas pantai. Arus akibat pasang surut memiliki kecepatan yang semakin berkurang seiring dengan bertambahnya kedalaman sesuai fungsi *non-linear*. Sedangkan arus yang disebabkan oleh angin memiliki karakter yang sama, tetapi dalam fungsi *linear*.

Berdasarkan (OCIMF, 2010) , perhitungan beban arus didefinisikan sebagai berikut :

Longitudinal current force

$$F_{xc} = C_{xc} \left(\frac{\rho_c}{7600} \right) V_c^2 T L_{BP} \quad (2.35)$$

Lateral current force

$$F_{yc} = C_{yc} \left(\frac{\rho_c}{7600} \right) V_c^2 T L_{BP} \quad (2.36)$$

Keterangan :

F_{xc}	= gaya arus longitudinal (N)
F_{yc}	= gaya arus lateral (N)
C_{xc}	= koefisien gaya arus longitudinal non dimensional
C_{yc}	= koefisien gaya arus transversal non dimensional
ρ_c	= densiti air laut = 1025 Kg/m ³ pada 20 ⁰ C
V_c^2	= kecepatan arus pada ketinggian 10 m (m/s)
T	= draft bangunan apung (m)
L_{BP}	= <i>length between perpendicular</i> (m)

Gaya Apung

Gaya Apung atau *Bouyancy* adalah gaya ke atas yang dikerjakan oleh fluida yang melawan berat dari *floating breakwater* yang terendam. Pada sebuah kolom fluida, tekanan meningkat seiring dengan bertambahnya kedalaman sebagai hasil dari akumulasi berat air di atasnya. Sehingga benda yang tenggelam ke dalam fluida akan mengalami tekanan yang besar di dasar kolom fluida dibandingkan dengan ketika berada di dekat permukaan. Gaya apung berdasarkan hukum Archimedes dapat dituliskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$F_A = \rho \cdot V_{tercelup} \cdot g \quad (2.37)$$

Keterangan :

F_A = Gaya apung (N)

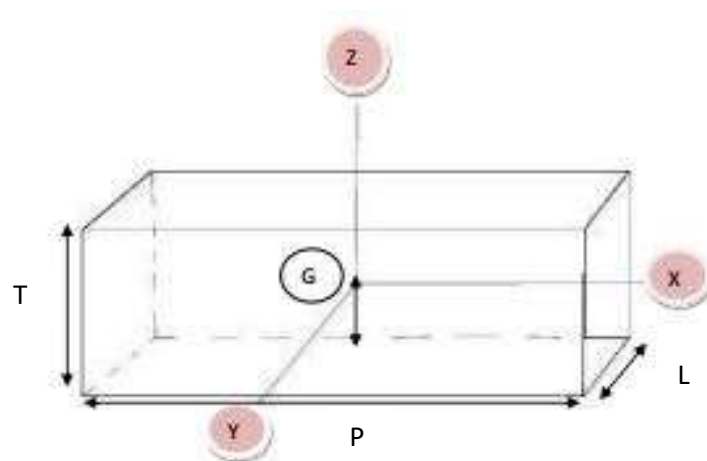
ρ = Massa jenis air laut (1025 kg/m^3)

$V_{tercelup}$ = Volume tercelup *floating breakwater* (m^3)

g = Gaya gravitasi ($9,81 \text{ kg/m}^2$)

2.2.10 Jari – Jari Girasi *Floating Breakwater*

Floating Breakwater memiliki pusat massa dan titik berat dalam pengertian yang sama, yaitu dimana suatu titik tempat berpusatnya massa atau berat dari struktur *floating breakwater*.. *Floating breakwater* memiliki jari-jari girasi yang artinya jarak radial dari sumbu putar kesuatu titik tempat massa dikonsentrasikan.



Gambar 2.4 Titik Pusat dan Arah Gerakan *Floating Breakwater*

Floating breakwater memiliki tiga gerakan rotasional yang berputar pada sumbu x, sumbu y, dan sumbu z dengan titik pusatnya terdapat pada titik G. Pada titik G dan ketiga sumbu ini gerakan rotasional yang terjadi pada struktur. Jari-jari girasi pada struktur *floating breakwater* dapat dilihat dibawah ini :

Jari-jari girasi untuk sumbu X.

$$I_{GX} = \frac{1}{12} m (L^2 + T^2) \quad (2.38)$$

$$R_{GX} = \sqrt{\frac{I_{GX}}{M}} \quad (2.39)$$

Jari-jari girasi untuk sumbu Y.

$$I_{GY} = \frac{1}{12} m (P^2 + T^2) \quad (2.40)$$

$$R_{GY} = \sqrt{\frac{I_{GY}}{M}} \quad (2.41)$$

Jari-jari girasi untuk sumbu Z.

$$I_{GZ} = \frac{1}{12} m (P^2 + L^2) \quad (2.42)$$

$$R_{GZ} = \sqrt{\frac{I_{GZ}}{M}} \quad (2.43)$$

Keterangan :

I_{GX} = momen inersia sumbu x (kg/m^2)

I_{GY} = momen inersia sumbu y (kg/m^2)

I_{GZ} = momen inersia sumbu z (kg/m^2)

R_{GX} = jari-jari girasi sumbu x (m)

R_{GY} = jari-jari girasi sumbu y (m)

R_{GZ} = jari-jari girasi sumbu z (m)

2.2.11 Response Amplitudo Operator (RAO)

Response Amplitude Operator (RAO) merupakan fungsi respon yang terjadi akibat gelombang dalam rentang frekuensi yang mengenai struktur. RAO merupakan alat untuk mentransfer gaya gelombang menjadi respon gerakan dinamis struktur.

RAO umumnya disajikan dalam bentuk grafik, di mana absisnya adalah berupa parameter frekuensi, sedangkan ordinatnya adalah merupakan rasio antara amplitudo gerakan pada mode tertentu (ζ_{k0}), dengan amplitudo gelombang (ζ_0).

Respon gerakan RAO untuk gerakan translasi (*surge, sway, heave*) merupakan perbandingan langsung antara amplitudo gerakan dibanding dengan amplitudo gelombang insiden (keduanya dalam satuan panjang) (Djarmiko, 2012). Persamaan RAO untuk gerakan translasi sama dengan persamaan dibawah ini :

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} \quad (\text{m/m}) \quad (2.44)$$

Keterangan :

$\zeta_{k0}(\omega)$ = amplitudo struktur (m)

$\zeta_0(\omega)$ = amplitudo gelombang (m)

Sedangkan untuk respon gerakan RAO untuk gerakan rotasi (*roll, pitch, yaw*) merupakan perbandingan antara amplitudo gerakan rotasi (dalam radian) dengan kemiringan gelombang, yakni yang merupakan perkalian antara gelombang ($k_w = \omega^2/g$) dengan amplitudo gelombang insiden (Djarmiko, 2012):

$$RAO(\omega) = \frac{\zeta_{k0}}{\zeta_0} = \frac{(\omega^2 / g) \zeta_{k0}}{\zeta_0} (\text{deg/m}) \quad (2.45)$$

2.2.12 Respon Bangunan Apung pada Gelombang Acak

Respon bangunan apung yang diakibatkan oleh eksitasi gelombang acak telah diperkenalkan pertama kali oleh St. Denis dan Pierson (1953). Gerakan bangunan apung dalam kondisi ideal dapat dihitung sebagai reaksi adanya eksitasi gelombang sinusoidal, dengan karakteristik tinggi atau amplitudo dan frekuensi tertentu. Perhitungan kemudian dilakukan dengan mengambil amplitudo gelombang yang konstan, namun harga frekuensinya divariasikan dengan interval kenaikan tertentu.

Gelombang acak merupakan superposisi dari komponen-komponen pembentuknya yang berupa gelombang sinusoidal dalam jumlah tidak terhingga. Tiap-tiap komponen gelombang mempunyai tingkat energi tertentu yang dikontribusikan, yang kemudian secara keseluruhan diakumulasikan dalam bentuk spektrum energi gelombang (Djarmiko, 2012).

Dalam analisis respon bangunan apung pada gelombang reguler dapat diketahui pengaruh interaksi hidrodinamik pada massa tambah, *potential damping* dan gaya eksternal. Analisis tersebut menghasilkan respon struktur pada gelombang reguler. Respon struktur pada gelombang acak dapat dilakukan dengan mentransformasikan spektrum gelombang menjadi spektrum respon. Spektrum respon didefinisikan sebagai respon kerapatan energi pada struktur akibat gelombang. Hal ini dapat dilakukan dengan mengalikan harga pangkat kuadrat dari *Response Amplitude Operator* (RAO) dengan spektrum gelombang pada daerah struktur bangunan apung tersebut beroperasi. Persamaan respon struktur secara matematis dapat dituliskan sebagai berikut:

$$S_R = [RAO(\omega)]^2 S(\omega) \quad (2.46)$$

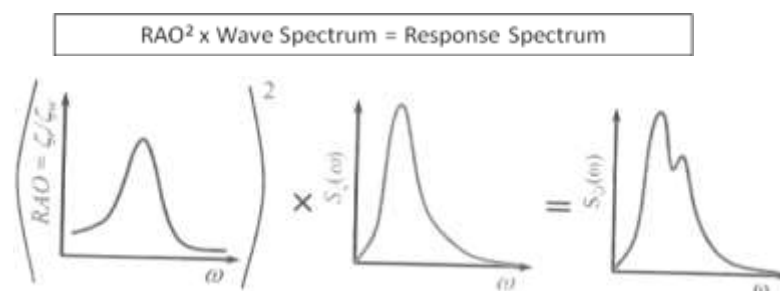
dengan :

S_R = spektrum respons ($m^2 \cdot sec$)

$S(\omega)$ = spektrum gelombang ($m^2 \cdot sec$)

$RAO(\omega)$ = *transfer function*

ω = frekuensi gelombang (rad/sec)



Gambar 2.5 Transformasi Spektra Gelombang Menjadi Spektra Respon

(Djarmiko, 2012)

2.2.13 Sistem Tambat

Sistem tambat pada fasilitas struktur bangunan apung pada prinsipnya berfungsi menjaga posisinya agar tetap berada tetap pada tempatnya atau jarak jangkauannya. Secara garis besar sistem tambat dapat dikategorikan sebagai *weathervaning* dan *non-weathervaning*. Dikatakan *weathervaning* jika respon struktur bangunan apung bebas berputar 360 derajat tergantung arah beban lingkungan yang mengenainya, contoh *tower mooring system*. Sedangkan *nonweathervaning*, arah respon struktur dibatasi dan beban lingkungan yang menyimpannya ditahan oleh struktur bangunan apung, contoh : *dolphin mooring*.

Jenis-Jenis Mooring

Mooring adalah sebuah sistem penahan infrastruktur lepas pantai terapung agar mampu bertahan dari ancaman lingkungan laut sehingga tertahan pada posisinya. Berikut jenis jenis mooring yang dapat digunakan untuk *floating breakwater* (Hakiki dan Samskerta , 2016)

1. *Dolphin-Frame Guide*

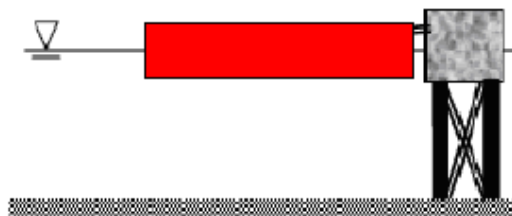
Sistem mooring ini menggunakan rangka batang yang dipancang pada dasar laut. Sistem ini digunakan ketika pergerakan struktur apung secara pada sisi lateral yang diperlukan sangat kecil.



Gambar 2.6 Tipe Dolphin-Frame Guide

2. Pier/Quay Wall

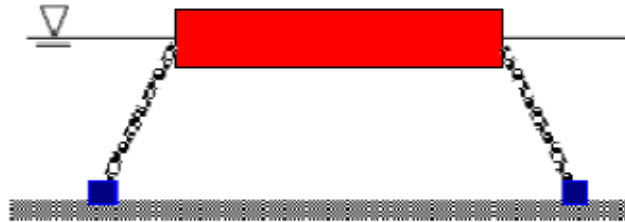
Sistem ini digunakan untuk menahan pergerakan akibat arus pada satu arah.



Gambar 2.7 Tipe Pier/Quay Wall

3. Rantai/Tali

Sistem Kabel/Rantai terdiri dua bagian, yaitu bagian tali tambat dan jangkar. Tali tambat yang digunakan dapat memakai kabel, rantai, atau kombinasi keduanya. Tali mooring dihubungkan ke dasar laut dengan menggunakan jangkar atau pancang.

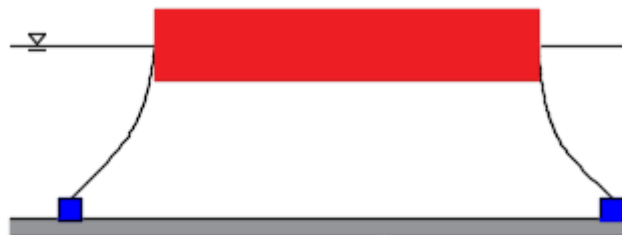


Gambar 2.8 Tipe Rantai/Tali

Jenis rantai/tali yang dapat digunakan adalah :

a. *Catenary Line Mooring*

Bentuk tali melengkung karena dipengaruhi berat tali, gaya pengembali akibat berat tali



Gambar 2.9 Tipe *Catenary Line*

b. *Taut Line Mooring*

Bentuk catenary dihilangkan akibat berat tali yang ringan, gaya pengembali diakibatkan oleh elastisitas tali.



Gambar 2.10 Tipe *Taut Line*

c. *Tension Leg Mooring*

Tali mooring menahan struktur yang mempunyai kelebihan gaya apung sehingga pergerakan vertical dibatasi.



Gambar 2.11 Tipe *Tension Leg*

Metode Mooring Tali/Rantai

Metode mooring yang dapat dilakukan dengan sistem kabel/rantai adalah sebagai berikut (Saleh, 2010):

1. Single point mooring (SPM)

Struktur dijaga posisinya dengan satu tali mooring, akibatnya struktur dapat menyesuaikan posisi terhadap kondisi gelombang, angin, dan arus. Namun gaya pada struktur akibat mooring sangat besar, selain itu memerlukan tempat yang luas untuk berubah posisi.

2. Multi-buoy mooring (MBM)/ Spread moorings

Struktur dijaga posisinya dengan banyak tali sehingga struktur tidak bisa bergerak bebas. Namun gaya pada struktur akibat mooring lebih terdistribusi.

3. Dynamic positioning system (DPS)

Posisi struktur dipertahankan menggunakan mesin thruster yang juga dikombinasikan dengan sistem mooring lainnya.

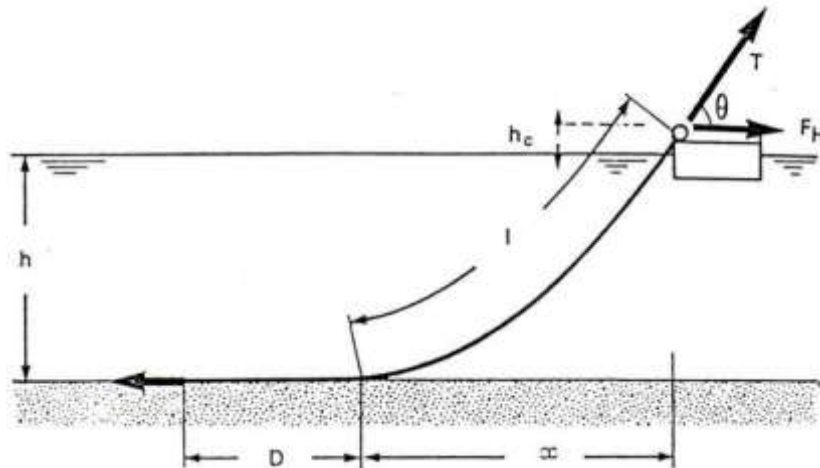
Penentuan Panjang *Mooring*

Pemasangan mooring dilakukan tergantung dengan kebutuhan. Cara pemasangan yang bisa dipilih diantaranya:

a. Dipasang menggunakan tali (mooring) dan pile pancang.

b. Dipasang dengan piling, sehingga nantinya dapat bergerak naik turun tanpa ada gerakan lateral.

c. Dipasang menggunakan masa konkrit atau jangkar bangunan apung yang ditali.



Gambar 2.12 konfigurasi *mooring* (Faltinsen, 1990)

Berikut adalah penentuan panjang minimum dari *mooring line* :

$$l = (h + hc) \sqrt{\frac{2F_h}{w} + 1} \quad (2.47)$$

Menurut (Murdjito, 2011), ada hubungan antara l (panjang minimum tali tambat dari *fairlead* ke *touchdown point*) dengan h (jarak vertical dari *fairlead* ke *seabed*) yaitu :

$$5 \leq \frac{l}{(h+hc)} \leq 20 \quad (2.48)$$

Keterangan

l	= panjang minimum tali tambat dari <i>fairlead</i> ke <i>touchdown point</i>
h	= kedalaman air
hc	= tinggi <i>fairlead</i> di atas permukaan air
w	= berat tali tambat di dalam air per satuan panjang
F_H	= horizontal <i>pre-tension</i> = 10% MBL
D	= <i>length resting on the seabed</i> (panjang tali tambat yang menempel pada <i>seabed</i>)

Harga D dapat diasumsikan berdasarkan tipe dari tali tambat, yaitu:

- 100 s/d 300 m untuk tali tambat yang memiliki konfigurasi *wire rope anchor lines*.
- 50 s/d 100 m untuk tali tambat yang memiliki konfigurasi *chain anchor lines*.

Analisis Sistem Tambat pada Kondisi ULS dan ALS

Menurut API RP 2SK 2nd edition, analisis kekuatan sistem tambat dilakukan dalam dua kondisi pembebanan, yaitu kondisi *Ultimate Limit State* (ULS) dan *Accidental Limit State* (ALS). Berikut adalah penjelasan lebih lanjut mengenai dua kondisi pembebanan tersebut.

ULS (*Ultimate Limit State*)

Analisis ULS (*Ultimate Limit State*) dilakukan untuk memastikan bahwa sebuah tali tambat cukup kuat untuk bertahan terhadap efek beban yang ditimbulkan oleh beban lingkungan pada kondisi ekstrim. Dalam analisis *mooring* kondisi ULS, pembebanan terjadi pada kondisi operasi dimana tali tambat pada *floating breakwater* bekerja secara optimum/utuh tanpa ada *line* yang diputus.

ALS (*Accidental limit State*)

Analisis ALS (*Accidental Limit State*) dilakukan untuk memastikan bahwa suatu sistem tambat memiliki kapasitas yang cukup untuk bertahan pada kegagalan sebuah tali tambat dimana penyebab dari terjadinya kegagalan tersebut tidak diketahui. Dalam analisis *mooring* kondisi ALS, pembebanan terjadi pada kondisi operasi tetapi terdapat satu tali tambat yang diputus secara bebas. Analisis ini biasa disebut dengan analisis *one line damaged*.

2.2.14 Tension pada Tali Tambat

Gerakan pada bangunan apung karena pengaruh beban lingkungan menyebabkan adanya tarikan pada *mooring line*. Tarikan (*tension*) yang terjadi pada *mooring line* dapat dibedakan menjadi 2, yaitu :

a. *Mean Tension*

Tension pada *mooring line* yang berkaitan dengan *mean offset* pada bangunan apung.

b. *Maximum Tension*

Mean tension yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan *low-frequency tension*.

Menurut Faltinsen (1990), perhitungan *tension* maksimum tali tambat dapat menggunakan persamaan di bawah ini:

$$T_{\max} = T_H + wh \quad (2.49)$$

Keterangan :

T_{\max} = *tension* maksimum tali tambat (ton)

T_H = horizontal *pre-tension* (ton)

w = berat *chain* di air (ton/m)

h = kedalaman perairan (m)

Untuk mengetahui apakah desain sistem tambat pada suatu struktur telah memenuhi batas aman atau tidak, maka harus dilakukan pengecekan terlebih dahulu. Pengecekan tersebut salah satunya didasarkan pada nilai *tension* yang dihasilkan oleh masing-masing tali tambat. Nilai *tension* pada tali tambat harus sesuai dengan kriteria/batasan yang memenuhi *safety factor*. Kriteria *safety factor* tersebut berdasar pada suatu *rule*. Dan yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah mengacu pada *rule* API RP 2SK (2005), yakni sebagai berikut.

Tabel 2.3 Kriteria *safety factor* tali tambat

Condition	Safety Factor
Intact (ULS)	> 1.67
Damaged (ALS)	> 1.25

Dengan persamaan *safety factor* menurut API RP 2SK adalah:

$$\text{Safety Factor} = \frac{\text{Minimum Breaking Load}}{\text{Maximum Tension}}$$

2.2.15 Offset pada Bangunan Apung

Offset atau *excursion* merupakan perpindahan koordinat bangunan dengan jarak sejauh X meter dan Y meter setelah terkena beban dinamis (gelombang, angin, arus) dan merupakan salah satu bentuk respon dari struktur pada saat mendapatkan beban lingkungan. *Offset* dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok, yaitu :

1. *Mean Offset*

Displacement dari bangunan karena kombinasi dari pengaruh beban arus, gelombang, dan *wave drift* rata-rata angin.

2. *Maximum Offset*

Mean offset yang mendapat pengaruh dari kombinasi frekuensi gelombang dan *low-frequency motion*

2.2.16 Penjelasan Singkat Software

Pada pengerjaan tugas akhir ini di bantu dengan menggunakan tiga software, software tersebut adalah sebagai berikut

- **SMS**

Surface Modeling System (SMS) adalah salah satu software untuk pemodelan lingkungan dengan model satu, dua atau tiga dimensi yang dikembangkan oleh Environmental Modeling Research Laboratory (EMRL) di Brigham Young University (lebih dikenal dengan Engineering Computer Graphics Laboratory) bekerjasama dengan the U.S. Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station (USACE-WES), dan the U.S. Federal Highway Administration (FHWA). Program ini dapat mensimulasikan efek gelombang pecah, refraksi, difraksi, refleksi oleh batimetri dan struktur yang disebut juga dengan CGWAVE.

- **MOSES**

MOSES yang merupakan singkatan dari *Multi-Operational Structural Engineering Simulator*, adalah simulasi dan program analisis untuk menganalisis struktur terapung. Program ini menerima penjelasan dari model (*floating breakwater*) untuk melakukan simulasi baik domain statis, domain frekuensi atau waktu. MOSES digunakan untuk menganalisis hidrostatis Bangunan apung, *ballasting*, stabilitas dan analisis *mooring*. Pada pengerjaan tugas akhir ini *floating breakwater* akan dianalisis menggunakan software MOSES untuk analisis *Response Amplitude Operators* (RAO) kondisi *Free Floating* . RAO diperlukan untuk mengetahui karakteristik respon *floating breakwater*. Inputan software ini berupa periode gelombang yang sudah ditentukan, kedalaman laut, *Centre Of Gravity* (COG), dan radius girasi. Output dari software MOSES ini berupa nilai hidrostatis dan *Response Amplitude Operators* pada *floating breakwater*. Serta output pada MOSES akan digunakan untuk inputan pada software Orcaflex

- **Orcaflex**

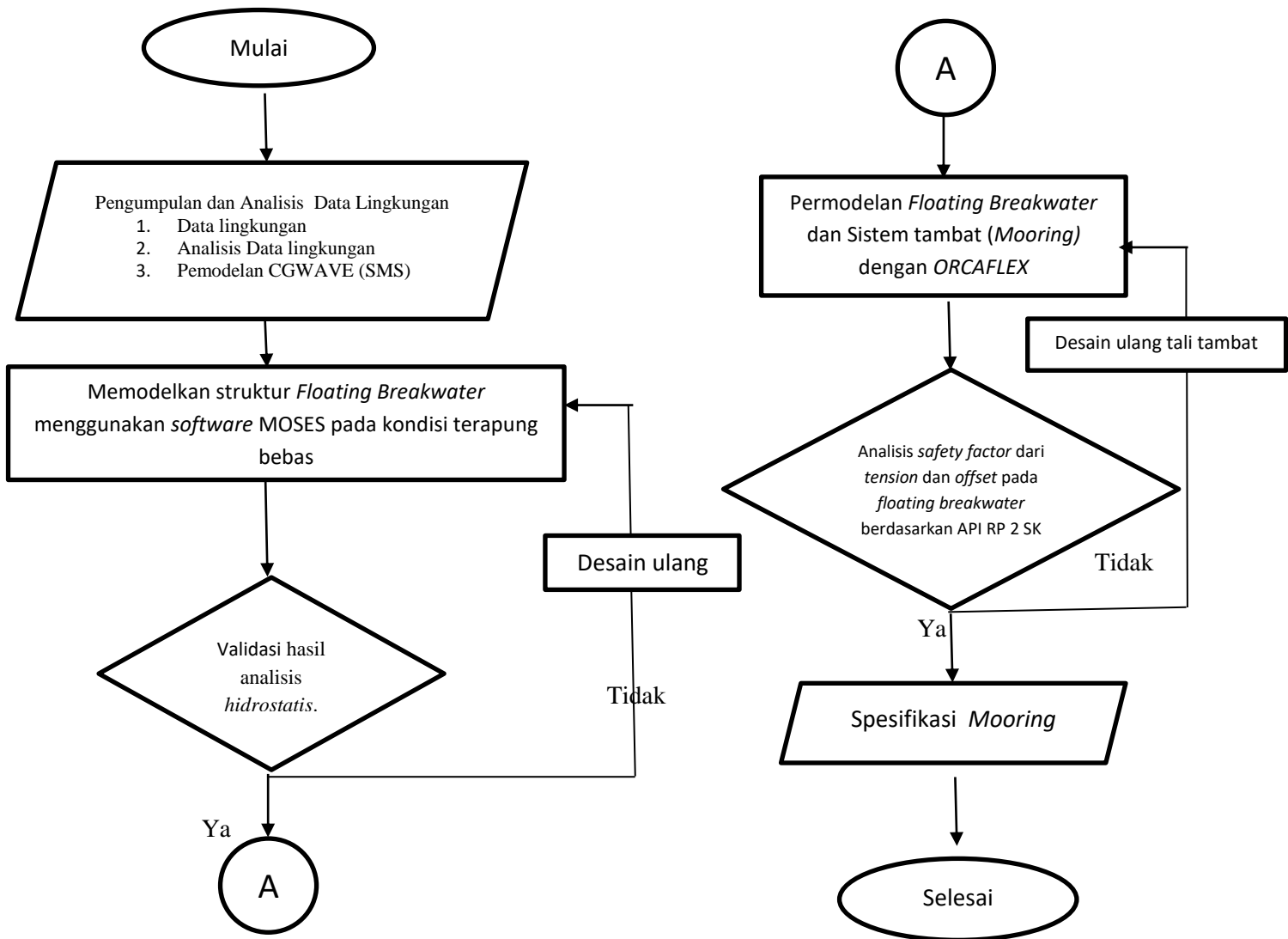
Orcaflex adalah program dinamika kelautan yang dikembangkan oleh Orcina untuk analisis statis dan dinamis dari berbagai system lepas pantai, termasuk semua jenis *marine raiser* (rigid dan flexible), analisis global, *mooring*, instalasi dan system *towing*. Pada pengerjaan tugas akhir ini di bantu menggunakan software orcaflex, yang dimana input dari software orcaflex ini berupa *add mass*, *load* RAO, *motion* RAO, dan *wave drift* yang didapat dari software MOSES. Setelah itu barulah masuk pada software Orcaflex yang dimana pada software ini juga menginputkan beban lingkungan seperti periode gelombang, tinggi gelombang, arus, angin, dan kedalaman laut. Tidak lupa juga menginputkan berat *chain* yang akan digunakan dan menginputkan panjang tali pada masing-masing kedalaman yang sudah ditentukan. Output dari software ini berupa *tension* maksimum pada *mooring line* dan *offset* maksimum pada *floating breakwater* digunakan untuk mengetahui spesifikasi dari *mooring* yang diinginkan

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Gambar 3.1 adalah diagram alir langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian tugas akhir ini:



Gambar 3.1 Diagram alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Penjelasan Diagram Alir

1. Studi literatur

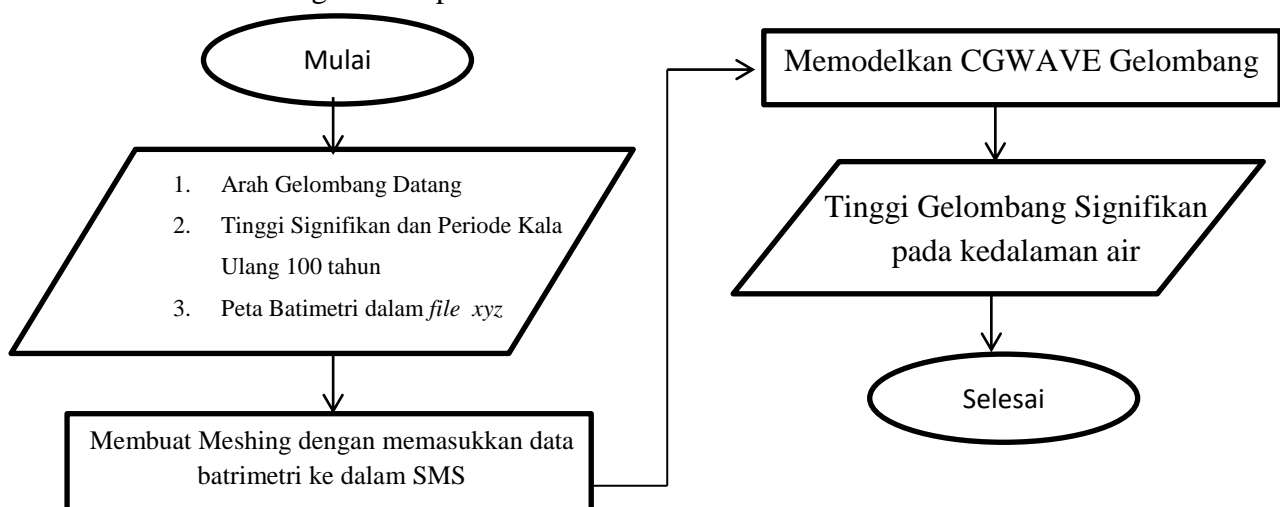
Studi literatur ini dilakukan untuk mencari dasar teori, studi pustaka dari penelitian terbaru, mempelajari, serta memahami *paper*, jurnal dan buku-buku yang berkaitan dengan topik tugas akhir ini. Dapat juga mempelajari panduan code/standard, serta mempelajari *software* MOSES dan Orcaflex yang akan menunjang pengerjaan tugas akhir ini.

2. Pengumpulan dan Analisis Data Lingkungan

Pengumpulan data dapat didapatkan melalui study lapangan, perusahaan yang berhubungan serta lembaga lembaga seperti Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) . Data-data yang dibutuhkan antara lain sebagai berikut :

- Data Lingkungan :
 - a. Data Angin
 - b. Data Pasang Surut
 - c. Peta Batimetri

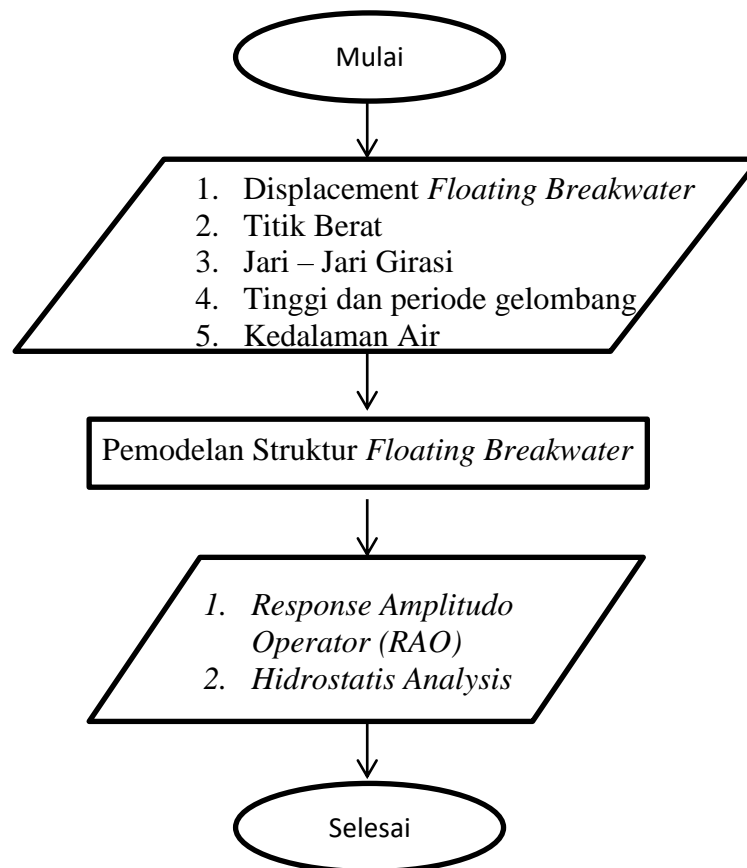
Setelah mendapatkan data lingkungan, data tersebut diolah sehingga mendapatkan tinggi signifikan dan periode gelombang berdasarkan periode ulang menggunakan persamaan weibull. Setelah itu menentukan letak bangunan *floating breakwater* daerah rawan yang harus dilindungi, untuk mengetahui itu semua dapat dilakukan dengan memodelkan CGWAVE yang merupakan pemodelan dari software *Surface Modeling System* (SMS) yang dapat mensimulasikan efek gelombang pecah, refraksi, difraksi, refleksi oleh batimetri dan struktur. Berikut diagram alir permodelan CGWAVE Pada software SMS.



Gambar 3.2 Diagram Alir Pemodelan CGWAVE Pada *Software Moses*

3. Pemodelan *Floating Breakwater*

Pemodelan struktur *Floating Breakwater* konfigurasi ponton dan dimensi yang sesuai data yang akan di bangun di sekitar laut daerah Nagan Raya, Aceh. Pemodelan *Floating Breakwater* dengan menggunakan bantuan *software MOSES*. Kemudian dilakukan proses *running* program *MOSES* untuk model *Floating Breakwater* dengan berbagai arah beban lingkungan.



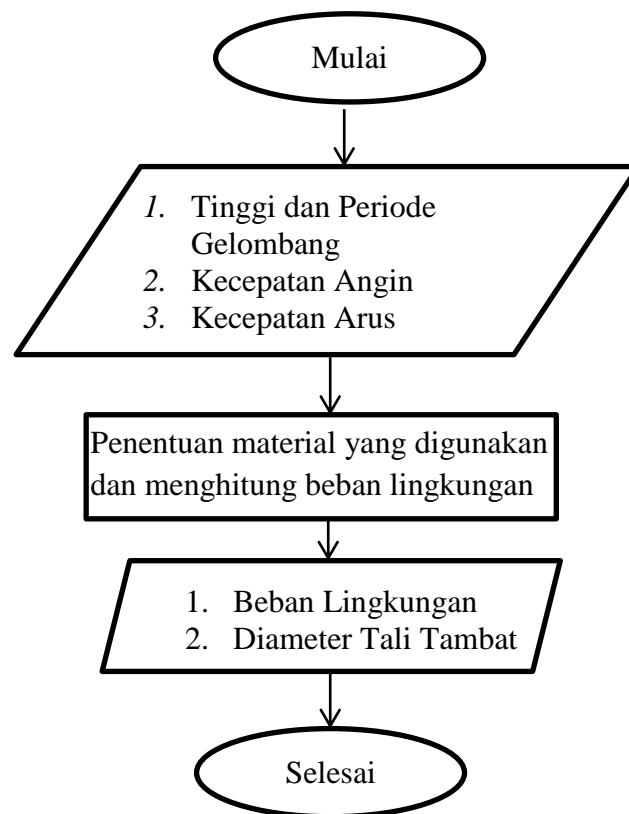
Gambar 3.3 Diagram Alir Pemodelan *Floating Breakwater* Pada *Software Moses*

4. Validasi Model

Setelah model dibuat menggunakan *software MOSES* kemudian dilakukan validasi dengan melihat nilai-nilai hidrostatik hasil pemodelan struktur *floating breakwater* dari *software* tersebut dengan membandingkan perhitungan manual dengan hasil pada *MOSES*. Tujuannya adalah untuk mengetahui bahwa model ini layak untuk di simulasikan atau tidak. Hasil dari *software MOSES* yaitu RAO, *wave drift*, *added mass* dan *damping force* (*hydrostatic analysis*) yang akan digunakan sebagai input untuk permodelan selanjutnya dengan menggunakan *Orcaflex*.

5. Pemilihan *Mooring Line*

Material yang digunakan pada sistem tambat *floating breakwater* ini adalah *wire rope*. Tali baja (*Wire Rope*) adalah tali baja yang dikonstruksikan dari kumpulan jalinan serat baja (steel Wire). Mula-mula beberapa serat dipintal hingga jadi satu jalinan (wayar), kemudian wayar dijalin pula menjadi satu kesatuan (strand), setelah itu beberapa strand dijalin pula pada suatu inti (core = kern). *Wire rope* telah menunjukkan keunggulannya pada operasi lepas pantai. Dibandingkan dengan rantai memiliki daya tahan terhadap korosi lebih lama, lebih fleksibel sementara beban bengkok tidak perlu mengatasi internal stress, ringan, tali baru lebih baik terhadap tegangan, bila beban terbagi rata pada semua jalinan (strand). Setelah menentukan material yang digunakan selanjutnya menghitung beban lingkungan yang terjadi di sekitar PLTU Nagan Raya, Aceh dengan rumus dari OCIMF. Sebagai beban pada tali tambat yang akan digunakan setelah itu dapat ditentukan diameter tali tambat berdasarkan katalog/pasaran yang tersedia. Berikut diagram alir dalam pemilihan *mooring line*.



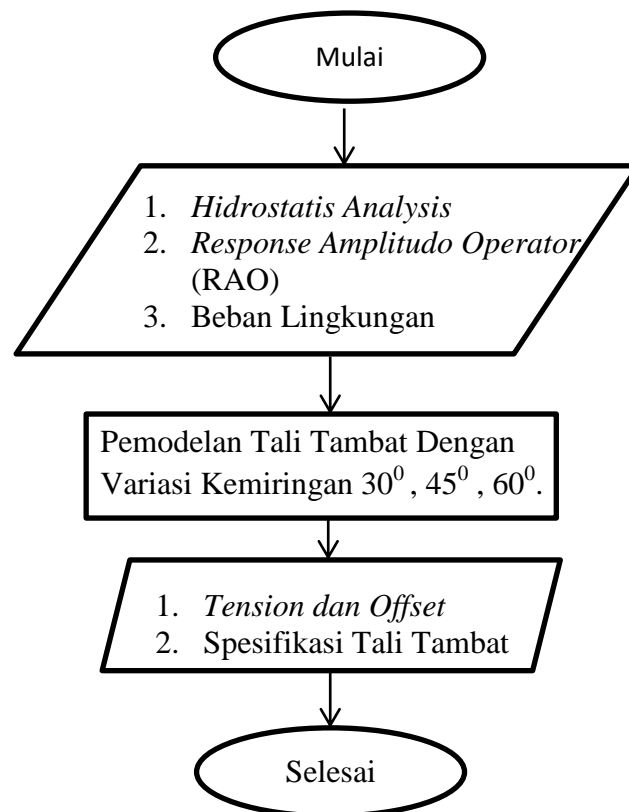
Gambar 3.4 Diagram Alir Pemodelan Tali Tambat Pada *Software Orcaflex*

6. Pemodelan *Mooring Line*

Pada analisis ini dapat menghitung berapa panjang *mooring line* dan jumlah *mooring line* yang di perlukan untuk menopang *floating breakwater* tersebut. Setelah itu menentukan beban lingkungan sekitar tempat dimana *floating breakwater* akan dirancang.

Pada pengerjaan kali ini struktur *floating breakwater* akan di rancang di sekitar laut pada daerah Nagan Raya, Aceh. Setelah itu menentukan jarak *mooring line* dari *mooring line* satu dengan *mooring line* berikutnya. Dapat ditentukan juga letak pemasangan *mooring line* yaitu pada *floating breakwater* dan *anchor*, baru lah kita dapat memodelkan *mooring line* yang akan digunakan pada *floating breakwater* tersebut.

Pada pemodelan menggunakan software Orcaflex ini membutuhkan input data. Yang diambil dari *software MOSES* hasil running RAO yang berupa *add mass*, *load RAO*, *motion RAO*, dan *wave drift*. Setelah itu barulah masuk pada software Orcaflex yang dimana pada software ini juga menginputkan beban lingkungan seperti periode gelombang, tinggi gelombang, arus, angin, dan kedalaman laut. Tidak lupa juga menginputkan berat *chain* yang akan digunakan dan menginputkan panjang tali pada masing-masing kedalaman yang sudah ditentukan. Selanjutnya running software Orcaflex yang nantinya akan menghasilkan *tension* maksimum pada *mooring line* dan *offset* maksimum yang terjadi pada *floating breakwater*.



Gambar 3.5 Diagram Alir Pemodelan Tali Tambat Pada *Software Orcaflex*

7. Validasi *tension* dan *offset*

Pada tahapan ini yang dilakukan untuk validasi *tension* itu untuk mengetahui *safety factor* dari system tambat (*mooring*) tersebut dan untuk validasi *offset* untuk memastikan ketika struktur berpindah dari posisi semula, dampak yang akan terjadi mengganggu operasi struktur tersebut atau tidak. Jika pada tahapan validasi ini tidak sesuai dengan *rules* berdasarkan API RP 2 SK, maka akan di lakukan redesain ulang pada *input* untuk diproses menggunakan *software Orcaflex*.

8. Spesifikasi *Mooring*

Setelah dilakukan validasi akan didapatkan nilai *tension* yang terjadi pada tali tambat (*mooring*) dari nilai tersebut kemudian ditentukan spesifikasi diameter nominal *mooring*, tipe *mooring*, *grade mooring*, panjang *mooring*, maksimum *breaking load* pada *mooring*, yang sesuai dengan yang ada di pasaran/katalog.

9. Kesimpulan

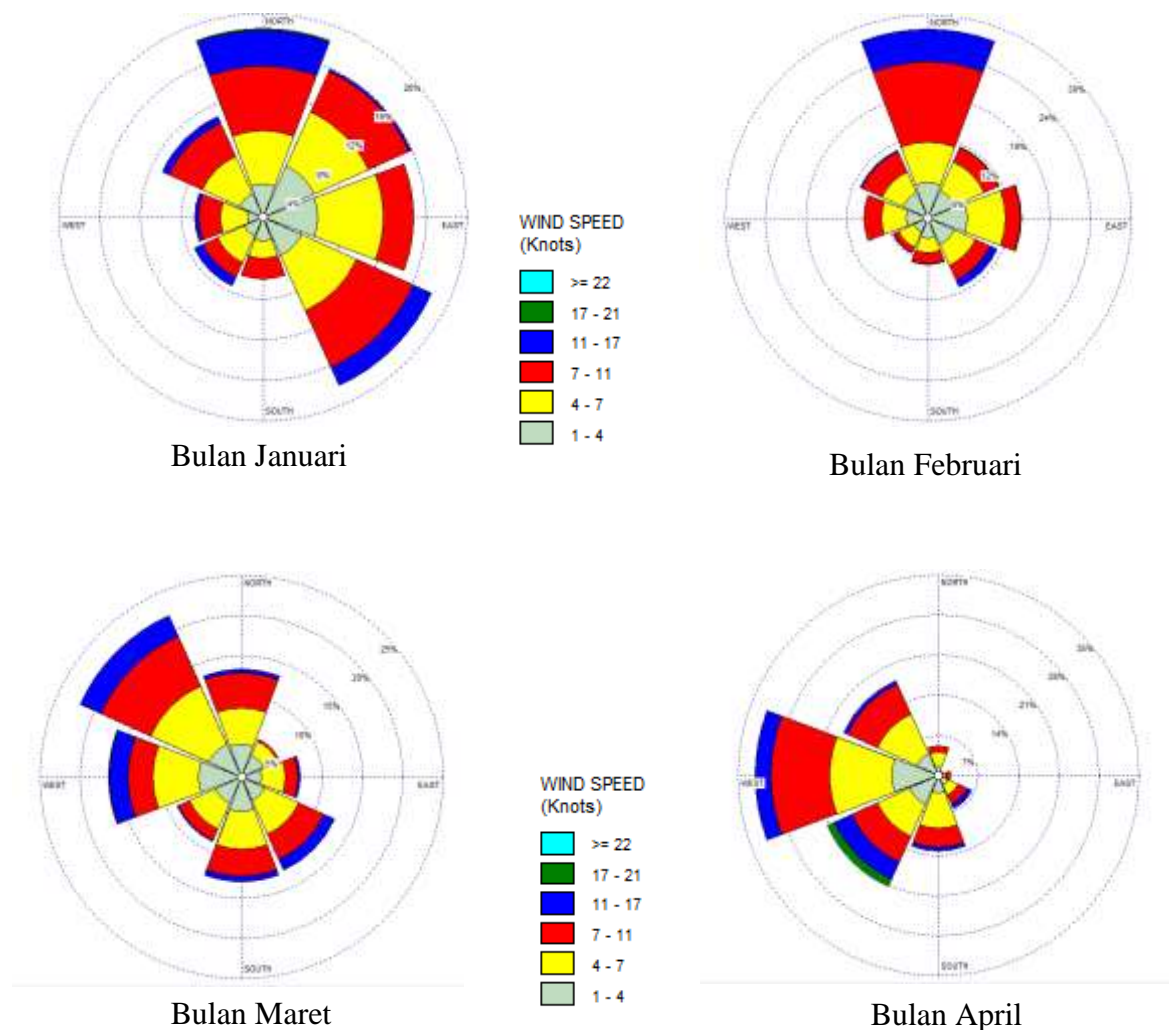
Selanjutnya, menjabarkan hasil dari rumusan masalah pada tugas akhir ini. Hasil akhirnya berupa grafik respon gerak *floating breakwater* dalam kondisi *free floating* dan tertambat; grafik *tension* maksimum sistem tambat (*mooring*) menggunakan *catenary mooring line* dan *offset* maksimum untuk struktur *floating breakwater*; dan yang terakhir adalah penentuan spesifikasi *mooring*.

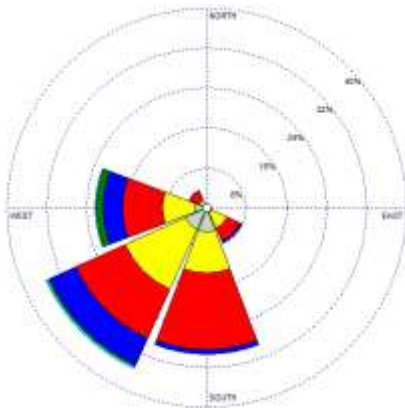
BAB IV

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

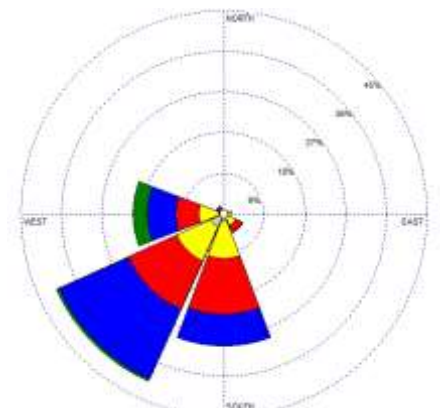
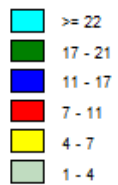
4.1 Analisis Arah Dan Kecepatan Angin

Analisis kecepatan dan arah angin tiap bulan selama 10 tahun (2005-2014) dilakukan untuk mengetahui kecepatan dan arah dominan angin berdasarkan lokasi yang ditinjau yaitu pada Nagan Raya, Aceh. Analisis dilakukan dengan membuat diagram mawar. Data yang digunakan berupa data arah dan kecepatan angin yang di rekam setiap 1 jam. Data di dapatkan dari hasil pengukuran BMKG selama 10 tahun (2005-2014) dengan koordinat (N 3.841097 , E 96.123447). Hasil plot diagram mawar diberikan dalam Gambar 4.1.

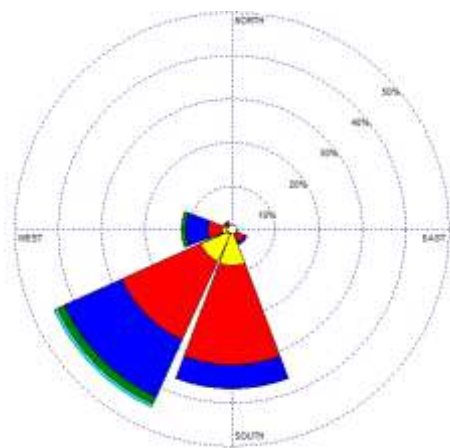




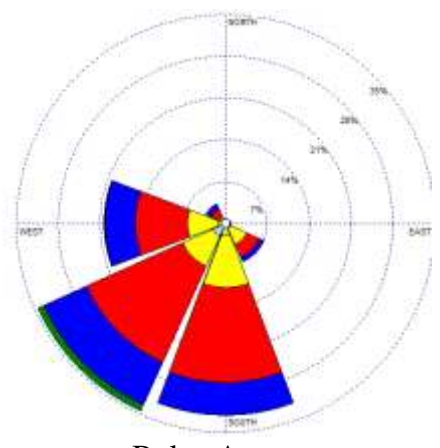
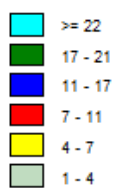
Bulan Mei

WIND SPEED
(Knots)

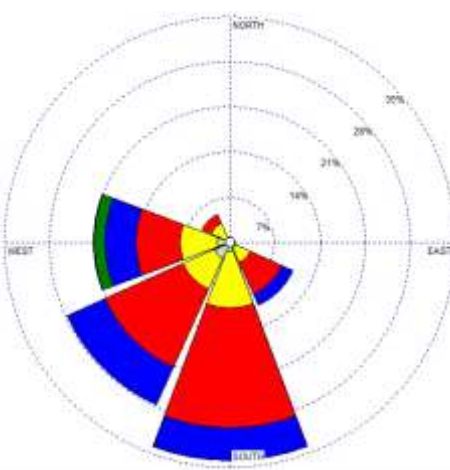
Bulan Juni



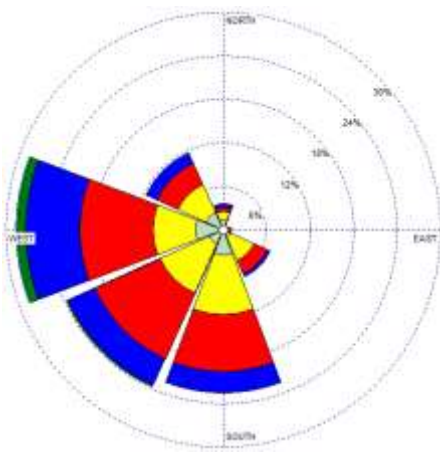
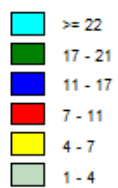
Bulan Juli

WIND SPEED
(Knots)

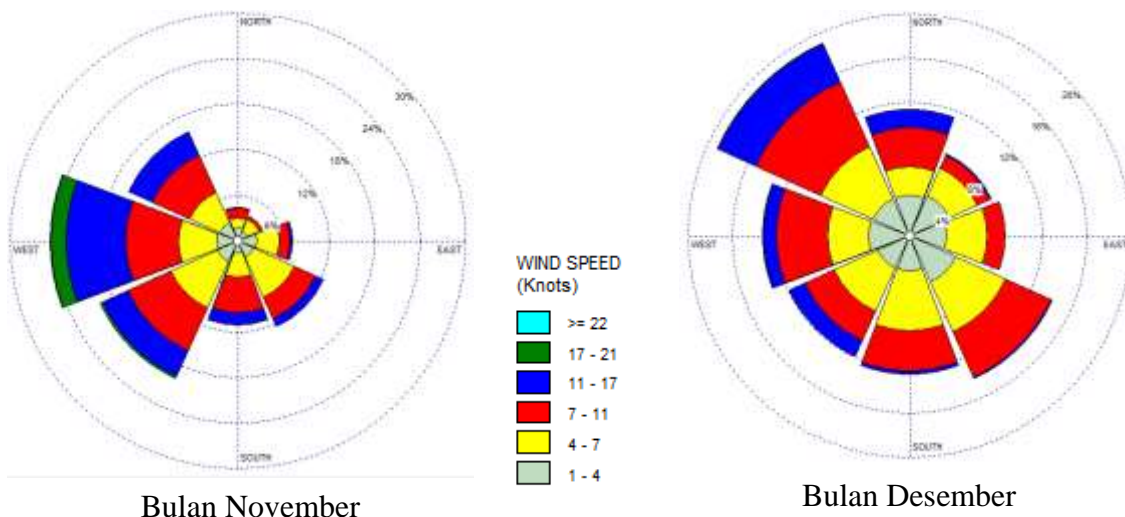
Bulan Agustus



Bulan September

WIND SPEED
(Knots)

Bulan Oktober



Gambar 4.1 Diagram Mawar Tiap Bulan Tahun 2005-2014

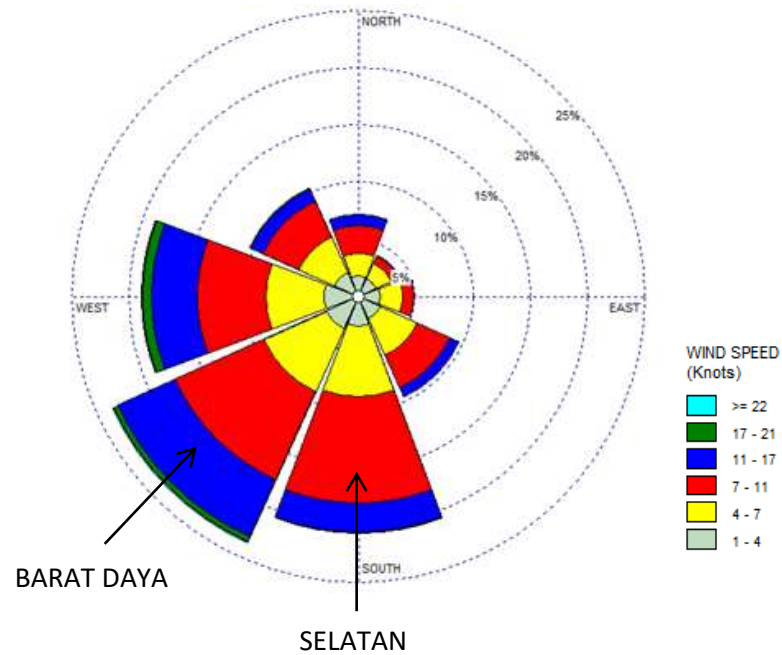
Berdasarkan gambar diagram mawar di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan angin pada bulan Januari dan Februari dominan arah datang dari arah Utara ; untuk bulan Maret dan Desember dominan arah datang dari Barat Laut ; untuk bulan April, Oktober dan November dominan arah datang dari Barat ; sementara pada Mei hingga Agustus arah datangnya angin berasal dari Barat Laut; pada bulan September dominan arah datang dari Selatan . Kecepatan dominan dari data setiap bulan adalah berbeda - beda. Arah dan kecepatan angin secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Persentasi Kejadian Arah dan Kecepatan Angin

Arah Angin	Kecepatan Angin (knot)						Total (%)
	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	≥ 22	
Utara	1,88	1,96	2,40	0,93	0,01	0,00	7,18
Timur Laut	1,74	1,45	0,73	0,04	0,00	0,00	3,97
Timur	1,92	1,93	0,96	0,08	0,00	0,00	4,90
Tenggara	2,18	3,46	3,09	0,94	0,00	0,00	9,67
Selatan	2,67	6,09	9,29	2,51	0,02	0,00	20,57
Barat Daya	3,07	6,02	8,41	5,42	0,46	0,10	23,49
Barat	3,01	5,08	5,92	3,95	0,86	0,07	18,88
Barat Laut	2,30	3,49	3,36	1,22	0,01	0,00	10,37
Total	18,78	29,48	34,15	15,09	1,37	0,17	100

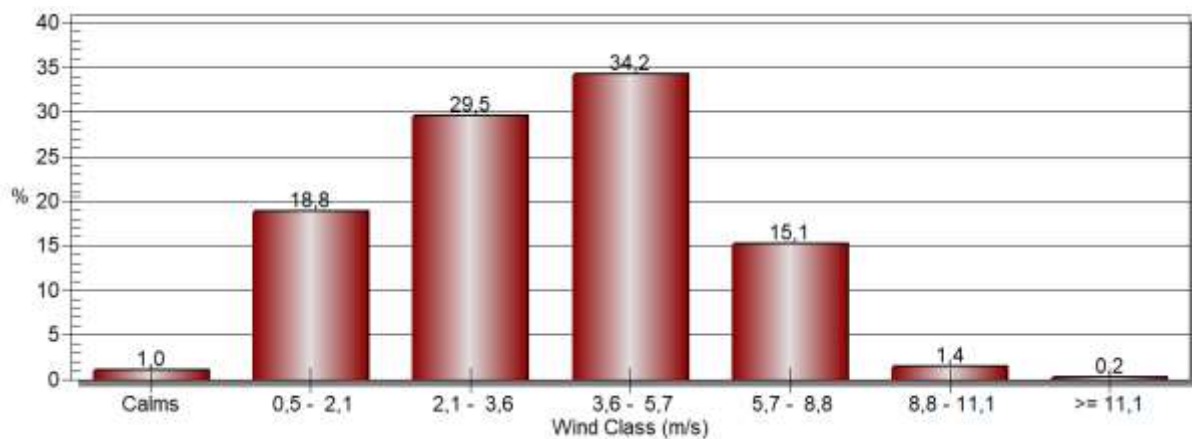
Sumber : Hasil Pengolahan Data Angin BMKG pada Tahun 2005-2014

Sedangkan gambar diagram mawar dan grafik distribusi arah angin dan kecepatan secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram Mawar Angin Tahun 2005-2014

Pada diagram mawar diatas dapat dilihat bahwa arah selatan dan barat daya mendominasi arah angin dengan barat daya memiliki persentasi kejadian 23,5% dan selatan memiliki persentasi kejadian 20,6% . berikut ini grafik distribusi kecepatan angin.



Gambar 4.3 Distribusi Kecepatan Angin

Berdasarkan gambar diagram mawar di atas, dapat dilihat bahwa kecepatan angin pada Tahun 2005-2014 arah datangnya angin dominan datang dari arah Barat Daya, Selatan dan Barat.

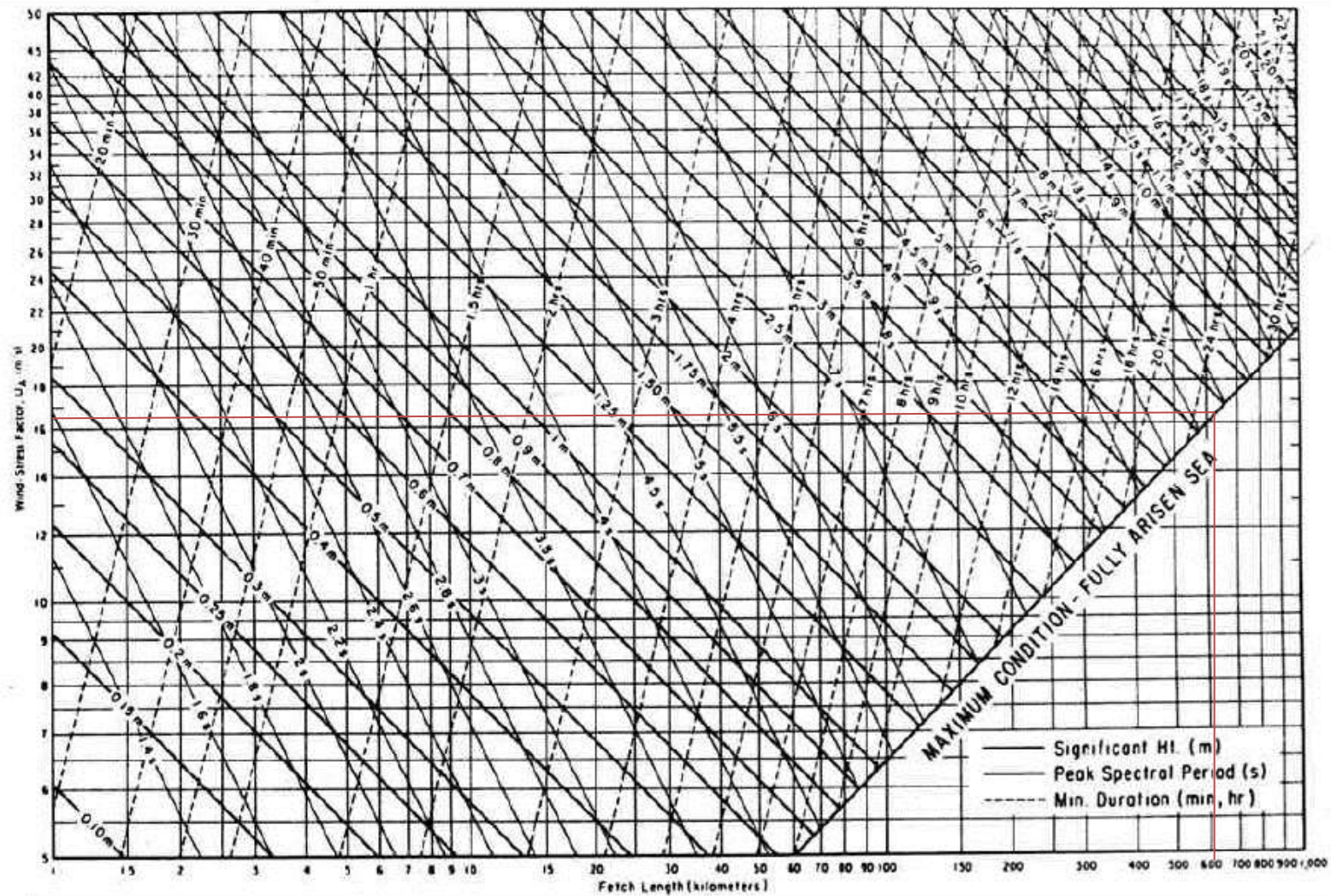
4.2 Perhitungan Fetch, Periode Dan Tinggi Gelombang Signifikan

Hasil perhitungan fetch , periode dan tinggi gelombang signifikan akan dilanjutkan dengan perhitungan periode ulang (*return period*) merupakan *input* data untuk pemodelan gelombang. Untuk mengetahui tinggi gelombang dan periode gelombang maka dilakukan perhitungan *fetch*. Pertama –pertama menghitung faktor tegangan angin (UA) menggunakan grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan darat. Berikut hasil perhitungan (UA) berdasarkan tabel dibawah ini.

Tabel 4.2 Faktor Tegangan Angin Barat Daya 2005-2014

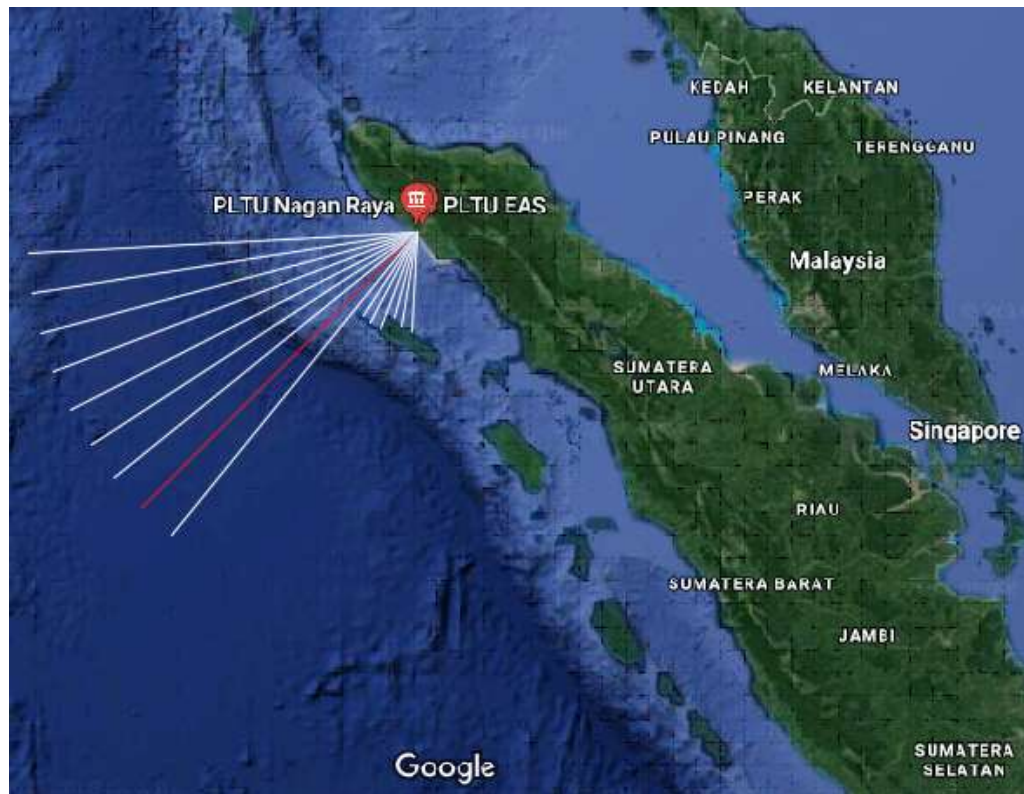
UL knots	UL m / s	RL	UW m / s	UA m / s
4	2,058	1,783	3,669	3,513
7	3,601	1,659	5,975	6,400
11	5,659	1,456	8,240	9,502
17	8,745	1,275	11,148	13,782
21	10,803	1,099	11,872	14,891
24	12,347	1,035	12,779	16,302

Didapatkan nilai faktor tegangan angin barat daya adalah 16.302 m/detik. Selanjutnya menghitung *fetch* efektif untuk mengetahui panjang *fetch* efektif pada arah angin dominan yaitu arah Barat Daya. Untuk mendapatkan *fetch* maksimum dapat menggunakan grafik hubungan faktor tegangan angin dengan panjang *fetch*. Dapat dilihat pada gambar dibawahini.



Gambar 4.4 Grafik Hubungan Faktor Tegangan Angin dengan Panjang *Fetch*.

Berdasarkan grafik diatas dapat ditentukan panjang *fetch* maksimum pada arah Barat Daya adalah 600 km. Dibawah ini hasil perhitungan *fetch* serta arah *fetch* tersebut.



Gambar 4.5 *Fetch* Arah Barat Daya di Nagan Raya, Aceh

Tabel 4.3 *Fetch* Efektif Arah Barat Daya di Nagan Raya, Aceh

α	$\cos \alpha$	X_i (jarak sebenarnya) (km)	$X_i \cos \alpha$ (km)
-42	0,74	151,51	112,12
-36	0,8	145,82	116,65
-30	0,86	135,39	116,44
-24	0,91	157,46	143,29
-18	0,95	155,83	148,04
-12	0,97	152,98	148,39
-6	0,99	600,00	594,00
0	1	600,00	600,00
6	0,91	600,00	546,00
12	0,95	600,00	570,00
18	0,97	600,00	582,00
24	0,99	600,00	594,00

α	$\cos \alpha$	X_i (jarak sebenarnya) (km)	$X_i \cos \alpha$ (km)
30	0,86	600,00	516,00
36	0,8	600,00	480,00
42	0,74	600,00	444,00
Total	13,44		5711

Bersadarkan rumus berikut ini :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \quad (4.1)$$

Didapatkan *fetch* efektif adalah 424920.4 meter. Tinggi gelombang signifikan (H_s), periode signifikan (T_s) didapatkan dengan cara memasukkan nilai wind stress factor, U_A , panjang *fetch* efektif, F_{eff} dengan memasukkan nilai-nilai tersebut kedalam formulasi persamaan *forecasting* gelombang laut pada SPM (*Shore Protection Manual*), 1984. berikut ini yang merupakan perhitungan Tinggi gelombang dan periode signifikan tiap tahun dalam Tabel 4.4 .

Tabel 4.4 Tinggi Gelombang dan Periode Signifikan

Tahun	Arah Barat Daya		Arah Selatan	
	H_s (m)	T_p (s)	H_s (m)	T_p (s)
2005	2,61	7,57	2,23	7,53
2006	3,22	7,57	1,85	7,53
2007	2,73	7,57	2,01	7,72
2008	2,73	7,57	1,84	7,37
2009	2,42	7,16	1,93	7,20
2012	2,95	8,46	2,16	8,62
2013	3,78	7,94	2,66	7,95
2014	2,36	8,48	2,22	8,53

Tinggi gelombang dan periode ulang gelombang penting untuk kajian periode ulang. Penulis menggunakan metode weibull, dalam perhitungan periode ulang ini dibutuhkan untuk mendapatkan karakteristik gelombang di kolam labuh. Dibawah ini merupakan hasil perhitungan tinggi dan periode gelombang kala ulang untuk arah Barat Daya dan Selatan di Nagan Raya, Aceh ditunjukkan dalam Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Tinggi Gelombang dan periode signifikan Kala Ulang

periode ulang	Arah Barat Daya		Arah Selatan	
	Hs (m)	Tp (s)	Hs (m)	Tp (s)
5	3,2	8,2	2,3	8,2
10	3,5	8,4	2,5	8,5
25	3,8	8,7	2,6	8,9
50	4,1	8,9	2,8	9
100	4,2	9	2,9	9,3

Untuk pemodelan gelombang menggunakan periode ulang 100 tahunan sebagai *input model CGWAVE*.

4.3 Analisis Pasang Surut

Untuk pengamatan pasang surut dilakukan di Pelabuhan Meulaboh (N 4 07.635, E 96 07.899) dan Nagan Raya (N 4 03.650, E 96 14.371). Hasil pengamatan pasang surut diperoleh konstanta dan elevasi penting pasang surut :

Tabel 4.6 Elevasi Pasang Surut

No.	Important Tidal Referensi Elevation		Elevation from LLWS/LWS (cm)
1	HHWL	Highest High Water Level	116,34
2	MHWS	Mean High Water Spring	105,24
3	MHWL	Mean High Water Level	80,35
4	MSL	Mean Sea Level	55,68
5	MLWL	Mean Low Water Level	30,88
6	MLWS	Mean Low Water Spring	11,94
7	LLWS (LWS)	Lowest Low Water Level	0
8	TR	Tidar Range	116,34

Sumber : Kajian Sedimentasi PLTU Nagan Raya (PT ITS KEMITRAAN,2015)

4.4 Pemodelan CGWAVE

CGWAVE adalah pemodelan dari software *Surface Modeling System* (SMS) yang merupakan pemodelan gelombang phase. CGWAVE secara bersamaan dapat mensimulasikan efek gelombang pecah, refraksi, difraksi, refleksi oleh batimetri dan struktur. Kemampuan komputasi model CGWAVE memungkinkan pemodelan dilakukan daerah pesisir yang luas.

Pemodelan CGWAVE dibantu dengan *meshing* serta beberapa parameter fisik perairan yaitu tinggi gelombang, arah dan amplitudo gelombang. *Meshing* CGWAVE adalah *triangular* (segitiga) dan menggunakan koordinat *Universal Transver Mercator* (UTM). Pada koordinat UTM, bumi di bagi ke dalam 60 zona dan satuan unit meter (Pratama, 2018).

Ada 2 tahapan dalam memodelkan gelombang dalam CGWAVE, yaitu pertama membuat *meshing* dengan memasukkan data batimetri yang telah di dapat kemudian melakukan simulasi transformasi gelombang menggunakan *meshing* yang telah di buat.

4.4.1 Meshing Lokasi Model

Langkah pertama yang harus dilakukan dalam membuat *meshing* adalah memasukkan data batimetri ke dalam SMS. Data batimetri yang dimasukkan dalam bentuk UTM. Setelah batimetri di *import* ke dalam SMS selanjutnya data batimetri akan secara otomatis berubah menjadi *scatter* seperti Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Model *Scatter* Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh

Setelah *scatter* di buat, selanjutnya adalah membuat *boundary condition* yaitu garis pantai dan *open ocean* yang di lanjutkan ke *meshing module* yang berupa *wave function* dan *size function* untuk mendapatkan kontur meshing model ditunjukkan dalam Gambar 4.7.

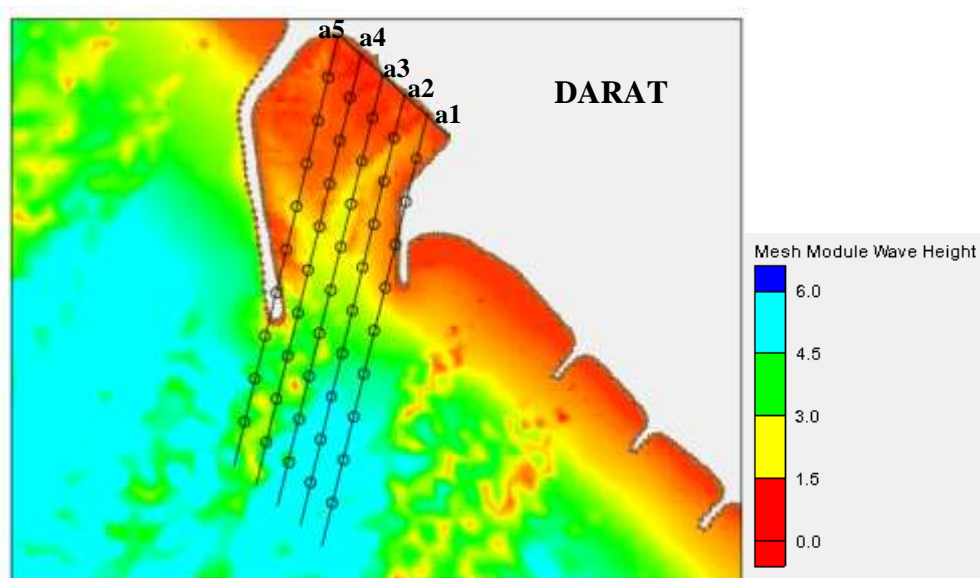


Gambar 4.7 Kontur Meshing Model Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh

4.4.2 Pemodelan Gelombang

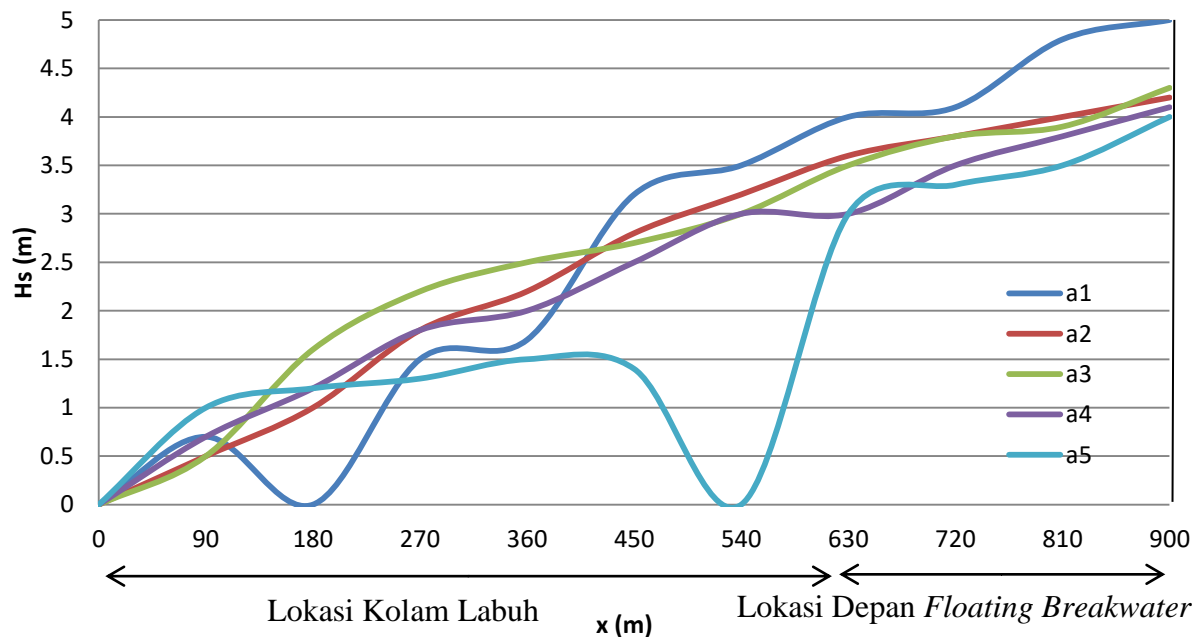
- Arah Barat Daya**

Kontur meshing yang telah didapat selanjutnya digunakan untuk *running* model gelombang. Arah Barat Daya di Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh untuk periode 9s dan Tinggi Gelombang 4,2 m pada periode ulang 100 tahunan. Hasil meshing bisa dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.8 Kontur Tinggi Gelombang Kala Ulang 100 Tahunan Arah Barat Daya

Berdasarkan gambar diatas dapat ditentukan tinggi gelombang signifikan 100 tahunan pada jarak elevasi dari pantai, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

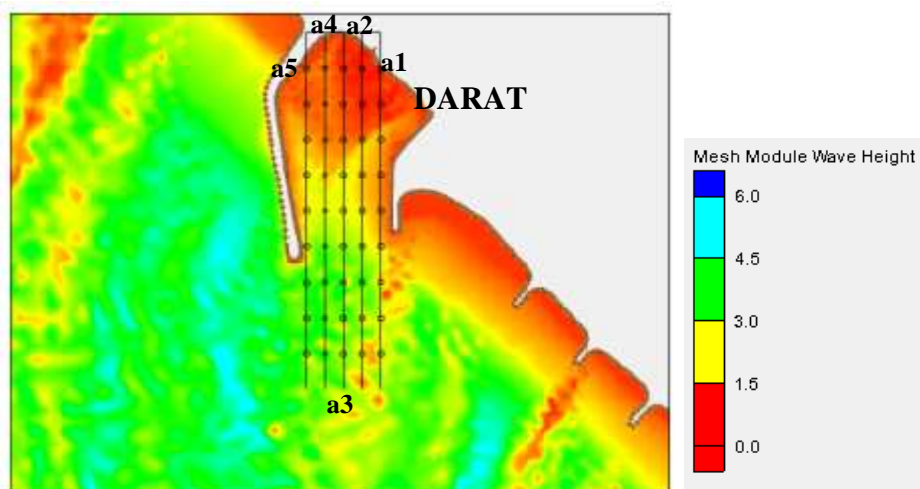


Gambar 4.9 Profil Gelombang Arah Barat Daya

Pada profil gelombang diatas dapat dilihat bahwa tinggi gelombang di dalam kolam labuh yaitu 0.5 - 3 meter, sedangkan untuk lokasi depan *floating breakwater* yaitu 3 – 5 meter.

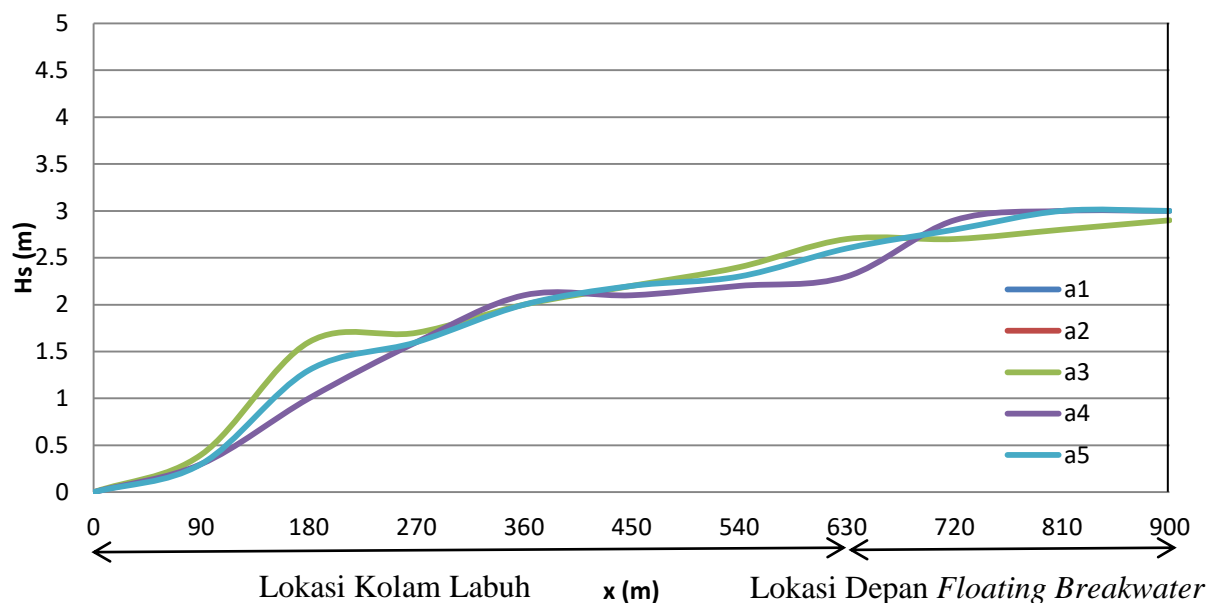
- **Arah Selatan**

Untuk Arah Selatan di Perairan Pelabuhan PLTU Nagan Raya, Aceh untuk periode 9,3s dan Tinggi Gelombang 2,9 m pada periode ulang 100 tahunan. Kontur meshing bisa diliat pada gambar dibawah ini:



Gambar 4.10 Kontur Tinggi Gelombang Kala Ulang 100 Tahunan Arah Selatan

Bedasarkan gambar diatas dapat ditentukan tinggi gelombang signifikan 100 tahunan pada jarak elevasi dari pantai, dapat dilihat pada grafik dibawah ini :



Gambar 4.11 Profil Gelombang Arah Selatan

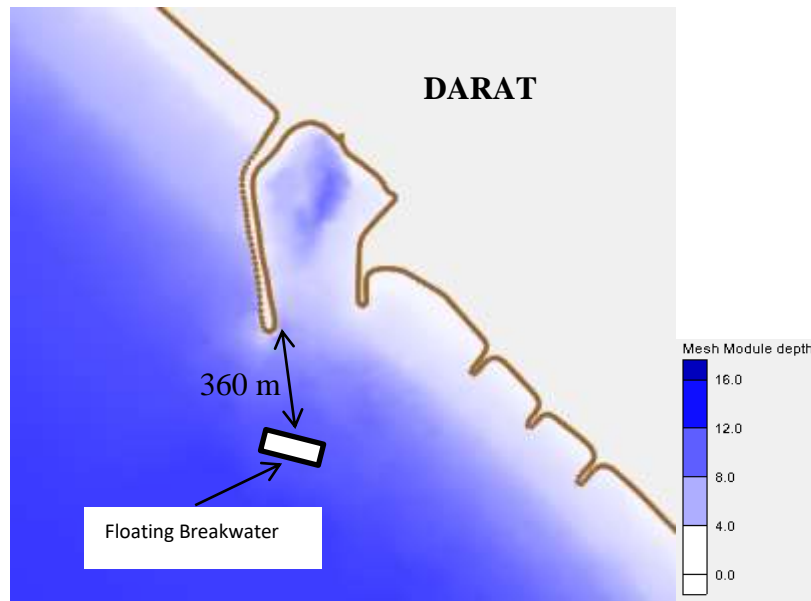
Dari profil gelombang diatas dapat dilihat bahwa tinggi gelombang berhubungan dengan jarak garis pantai menuju ke laut. Dapat dilihat bahwa tinggi gelombang di dalam kolam labuh yaitu 0,3 – 2,3 meter, sedangkan untuk lokasi depan *floating breakwater* yaitu 2,3 - 3,3 meter.

4.5 Pemodelan *Floating Breakwater*

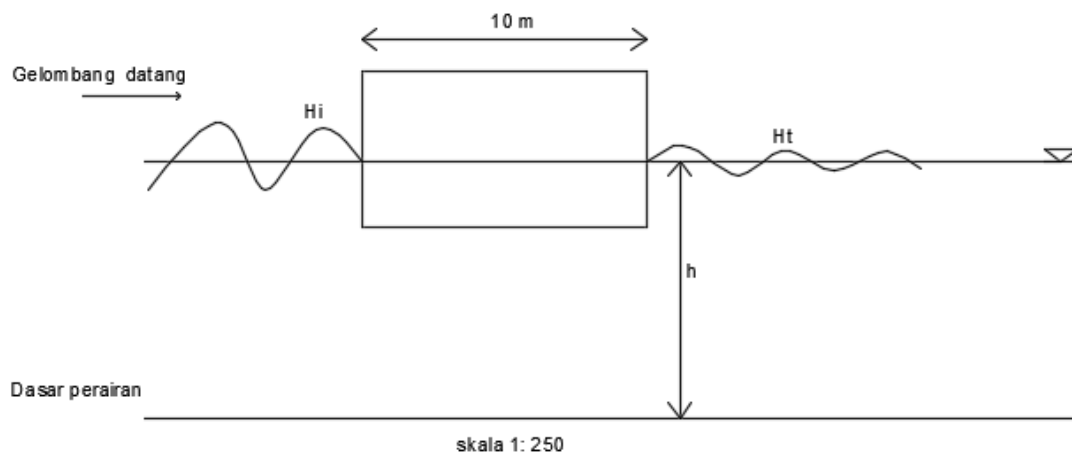
Bedasarkan hasil pemodelan gelombang pada software *Surface Modeling System* (SMS) dapat dihasilkan tinggi gelombang 100 tahunan memiliki kedalaman yang cukup landai, peneliti mengambil kedalaman air 9 m

4.5.1 Dimensi dan Material *Floating Breakwater*

Struktur *floating breakwater* akan diletakkan pada kedalam air 9 meter yang terdapat di depan pintu kolam labuh dan dibuat untuk akses kapal masuk ke dalam kolam labuh. Berikut layout dan ilustrasi gambaran pada *floating breakwater* :



Gambar 4.12 Layout *Floating Breakwater*



Gambar 4.13 Ilustrasi Bangunan *Floating Breakwater* Samping

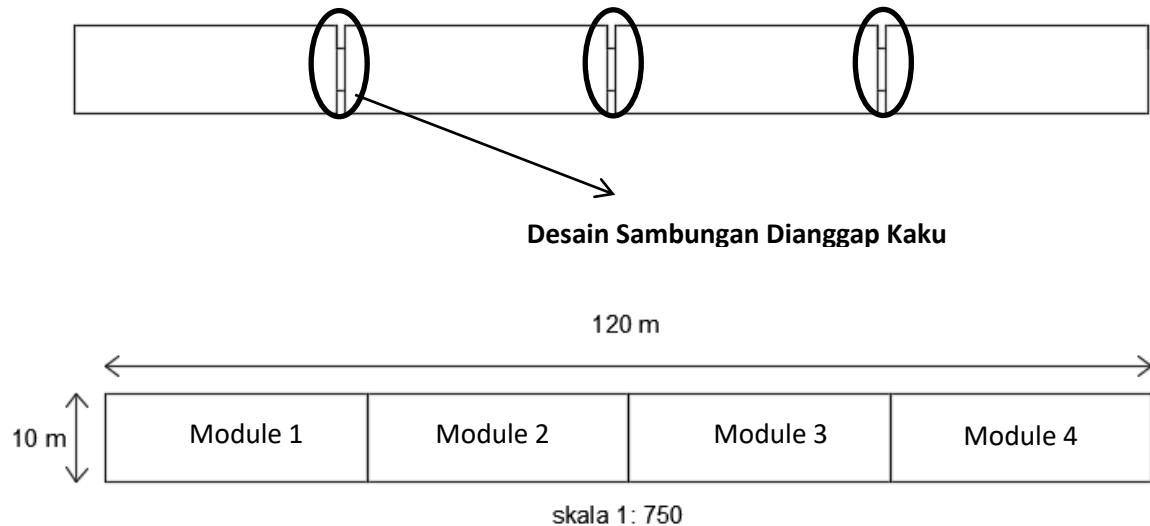
Keterangan :

H_i : Gelombang Datang (meter)

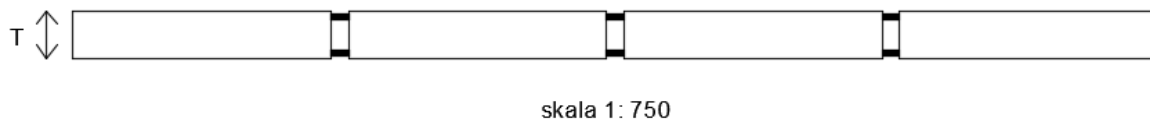
H_t : Gelombang Transmisi (meter)

h = kedalaman air (meter)

Bedasarkan gambar diatas panjang total *floating breawater* dibuat 120 meter sehingga akan terdapat beberapa *module floating breakwater* yang akan disambung menjadi satu. Akan tetapi kekakuan antara *module* diabaikan sehingga sambungan antara *module* kuat dan tidak akan putus. Berikut ilustrasi gambar pada bangunan *floating breakwater*.



Gambar 4.14 Ilustrasi Bangunan *floating breakwater* Tampak Atas



Gambar 4.15 Ilustrasi Bangunan *floating breakwater* Tampak Samping

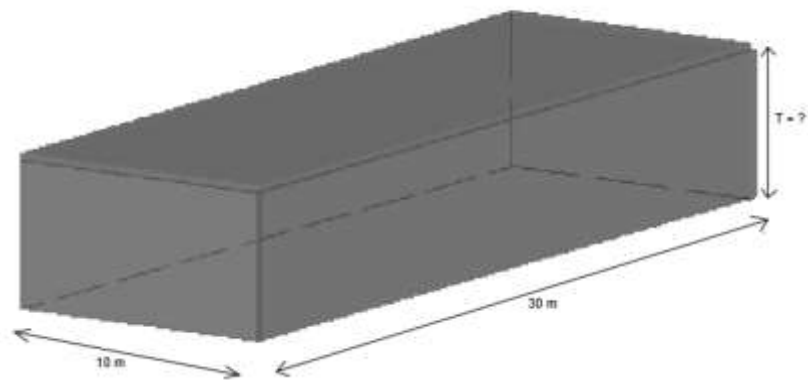
Bedasarkan gambar diatas panjang total *floating breakwater* dibuat 120 meter sehingga akan terdapat beberapa 4 *module floating breakwater* yang akan disambung menjadi satu. Berikut dimensi bangunan satu *module floating breakwater*.

Tabel 4.7 Dimensi Bangunan Satu *Module Floating Breakwater* Tanpa Tinggi Struktur

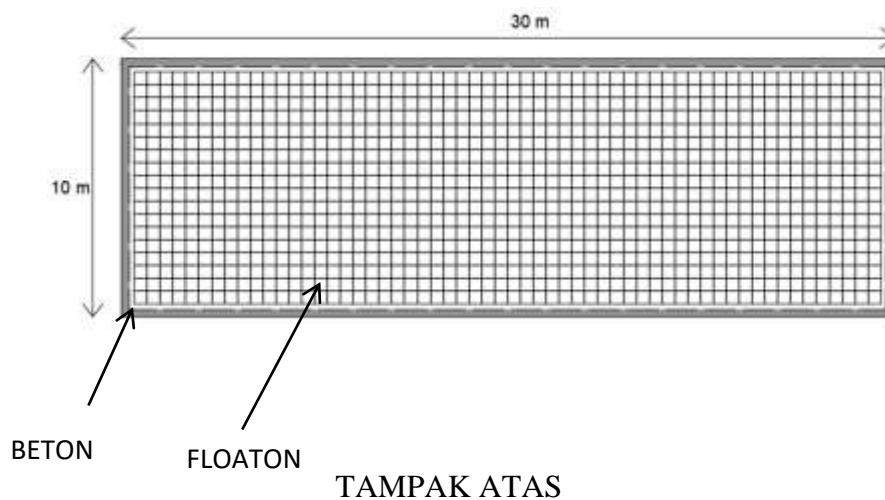
Dimensi satu <i>module floating struktur</i>	
P (Panjang)	30 meter
L (Lebar)	10 meter
t (tebal)	0,3 meter

Struktur *floating breakwater* pada analisis tugas akhir ini memiliki 2 material yang berbeda. Material utama pada *floating breakwater* ini adalah floaton dan beton. Floaton merupakan kotak kosong terbuat dari HDPE (*High Density Polyethylene*) sebagai daya apung untuk *Floating breakwater* ini dan beton sebagai pemberat dari struktur *floating breakwater* ini.

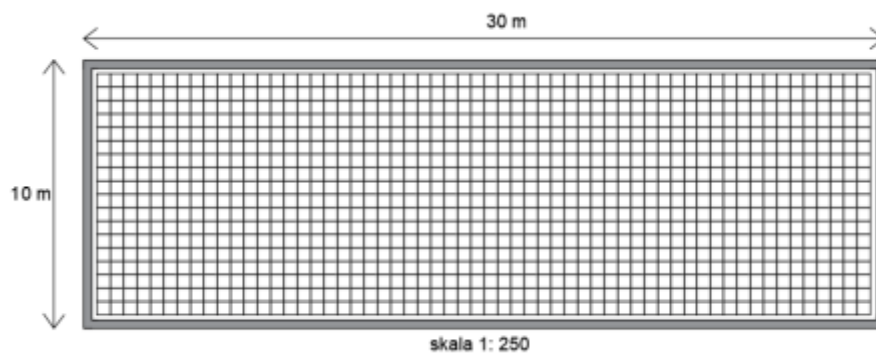
Material yang digunakan adalah beton dengan berat jenis 2400 kg/m^3 dan floaton dengan berat 7 kg/box . Pada perhitungan massa dari struktur *floating breakwater* ini dilakukan perhitungan manual dengan membagi bentuk-bentuk sederhana dari *floating breakwater* ini. Untuk mendapatkan massa dari *floating breakwater* ini setiap bentuk sederhana dihitung volumenya kemudian dikalikan dengan massa jenis material tersebut lalu dijumlahkan sehingga didapatkan massa total dari *floating breakwater* ini. Untuk beton sendiri berfungsi sebagai kulit bangunan itu sendiri tetapi bagian bawah bangunan tidak terdapat beton dengan begitu floaton dapat terlihat jelas pada bagian bawah bangunan. Berikut ini material pada *floating breakwater* pada satu *module*.



TAMPAK ISOMETRI



TAMPAK ATAS



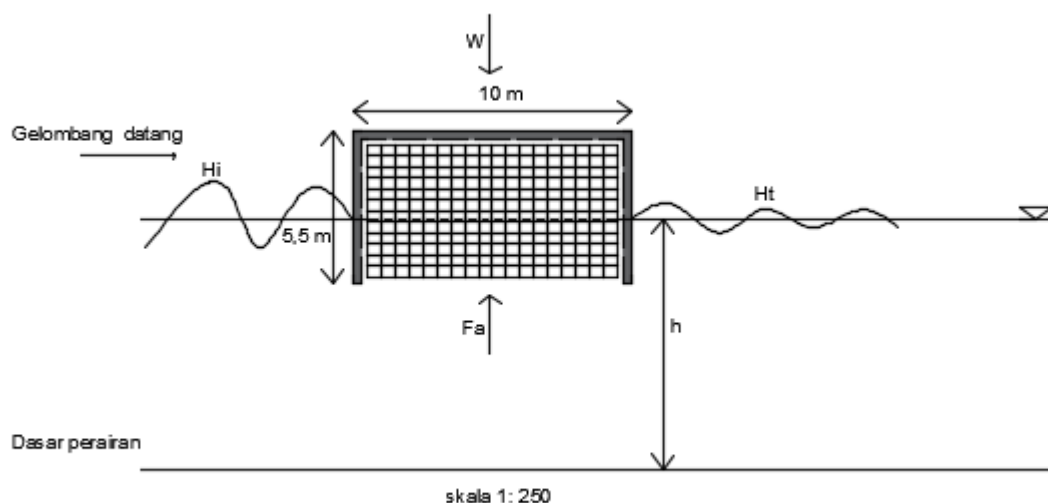
TAMPAK BAWAH

Gambar 4.16 Material *Floating Breakwater*

Dimensi Floaton dari PT. ANUGERAH ATLANTIK dengan ukuran 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m , sedangkan untuk beton untuk satu module *floating breakwater* memiliki ukuran dengan panjang 30 m dan lebar 10 untuk satu *module floating breakwater* dengan ketebalan beton 0,3 m.

4.5.2 Menghitung *Draft* (d) Bangunan

Untuk mencari *draft* yang sesuai harus memperhatikan gaya apung (*Bouyancy*) agar bangunan tersebut dapat terapung dengan mempertimbangkan gaya berat (w) pada bangunan itu sendiri. Dengan menggunakan tinggi bangunan sebesar 5,5 m. Ilustrasi terdapat pada Gambar 4.16.

**Gambar 4.17** Pengaruh Gaya Apung Terhadap Struktur Tampak Samping

Pada gambar diatas dapat simpulkan bahwa :

$$W = F_a \quad (4.2a)$$

$$M_{\text{total}} \cdot g = \rho_{\text{air laut}} \cdot g \cdot A \cdot d \quad (4.2b)$$

$$M_{\text{total}} = \rho_{\text{air laut}} \cdot A \cdot d \quad (4.2c)$$

Keterangan :

W	=	Gaya Berat (N)
F _a	=	Gaya Apung (N)
M _{total}	=	Massa struktur (Massa Floaton + Massa Beton) (kg)
$\rho_{\text{air laut}}$	=	Massa Jenis Air Laut (1025 kg/m ³)
A	=	Luas struktur yang tercelup air (m ²)
d	=	Sarat air (m)
h	=	Kedalaman Air (m)

Desain *floating breakwater* ini menggunakan material yang terdiri dari beton dan *floaton* (HDPE), yang dimana massa jenis beton yaitu 2400 Kg/m³ dan floaton memiliki berat 7 Kg/pcs sedangkan massa jenis air laut 1025 kg/m³ . Sehingga berat total dipengaruhi oleh beton dan floaton.

$$\begin{aligned} \text{Volume Beton} &= (30 \times 10) T - (29,4 \times 9,4 \times (T - 0,3)) \\ &= 212,928 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Beton}} &= V_{\text{Beton}} \times \rho_{\text{Beton}} \\ &= 511027,2 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

Dimensi Floaton secara besar 29 m x 9 m, sehingga untuk 1 layer floaton dibutuhkan : 1044 unit

$$\begin{aligned} M_{\text{Floaton}} &= (1044 \times 7) \left(\frac{(T - 0,3)}{0,4} \right) \\ &= 95004 \text{ (kg)} \end{aligned}$$

$$M_{\text{total}} = 606031,2 \text{ (kg)}$$

$$\begin{aligned} M_{\text{yang tercelup air}} &= 1025 \times 300 \times d \\ 606031,2 &= 307500 d \end{aligned}$$

Dari perhitungan diatas didapatkan d (sarat air) sebesar 2,0 meter dengan freeboard sebesar 3,5 meter. Dimensi *Floating Breakwater* dapat dilihat pada tabel dibawah ini :

Tabel 4.8 Dimensi Bangunan Satu *Module Floating Breakwater*

Struktur Satu <i>Module Floating Breakwater</i>	
P (Panjang)	30 meter
L (Lebar)	10 meter
d (draft)	2,0 meter
fb (freeboard)	3,5 meter
t (Tebal)	0,3 meter

4.5.3 Gaya Apung (*Bouyancy*)

Sebelum menghitung gaya apung / *bouyancy* pada suatu struktur, langkah pertama adalah menghitung berat total suatu struktur agar dapat dihubungkan dengan gaya apung itu sendiri. Dibawah ini merupakan tabel perhitungan berat satu *module floating breakwater*.

Tabel 4.9 Berat Satu *Module Floating Breakwater*

Item	Dimensi (m)				Volume (m ³)	Berat Jenis (kg/m ³)	Berat (kg)
	P	L	T	t			
Beton	30	10	5.5	0.3	212.928	2400	511027,02

Item	Dimensi (m)			Unit (box)	Berat (kg/box)	Berat (kg)
	P	L	T			
Floaton	0.5	0.5	0.4	13572	7	95004
Total						606031,02

Sumber : Dimensi Floaton dari PT. ANUGERAH ATLANTIK

Keterangan :

P = Panjang (m)
 L = Lebar (m)
 T = Tinggi (m)
 t = Tebal (m)

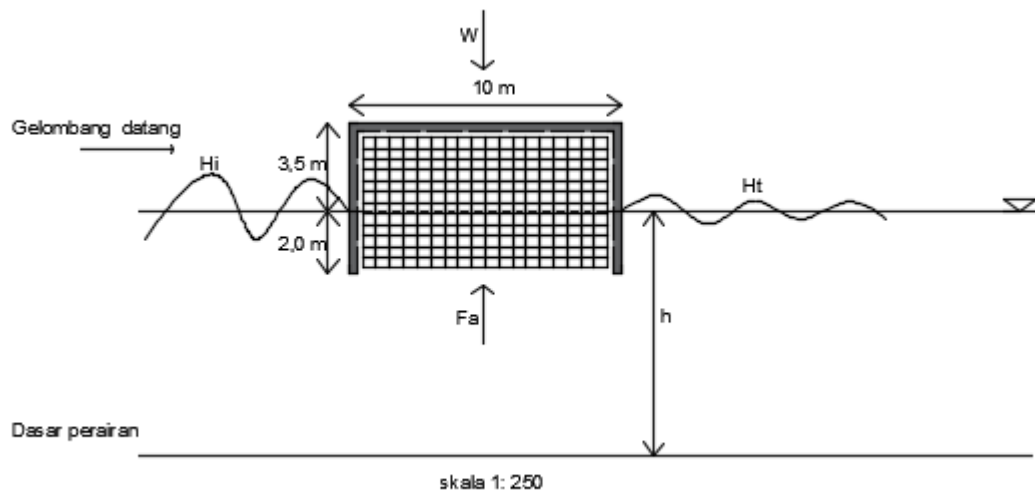
Dari hasil perhitungan struktur diatas didapatkan berat struktur floating breakwater yang memiliki 4 *Module Floating breakwater* sehingga berat struktur *floating breakwater* sebesar 2424125 Kg / 2424,125 ton.

Seperti yang telah dibahas pada Archimedes, semua benda yang berada di dalam air akan mengalami gaya apung (*buoyancy*). Yang dimana gaya apung ini untuk menentukan

struktur *floating breakwater* bisa mengapung atau tidak. Untuk mencari nilai *buoyancy* pada *floating breakwater* ini menggunakan persamaan :

$$F_a = \rho_{\text{Air Laut}} V_{\text{tercelup}} g \quad (4.3)$$

Langkah pertama yaitu mencari V_{tercelup} masing-masing bidang dengan *draft* bangunan *floating breakwater* sebesar 2.0 meter. Berikut ilustrasi serta perhitungan gaya apung pada *floating breakwater*.



Gambar 4.18 Satu *Module Floating Breakwater* yang tercelup air.

Dari ilustrasi diatas dapat dilihat bagian struktur yang tercelup air terbagi dari beton dan floaton dengan ketinggian 2,0 m. Sehingga dapat dihitung volume yang tercelup seperti tabel dibawah ini :

Tabel 4.10 Perhitungan Volume Tercelup pada 1 *Module Floating Breakwater*

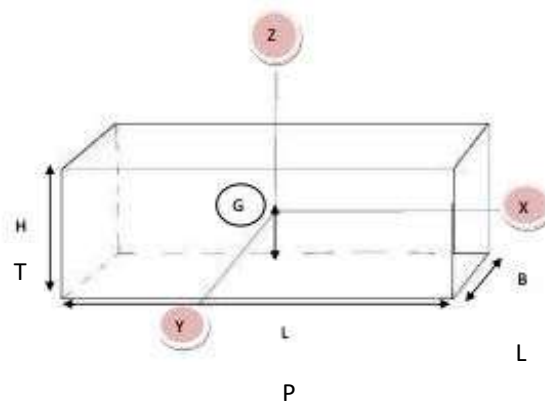
Perhitungan material yang tercelup					
No	Item	Dimensi (m)			Volume (m ³)
		P	L	T	
1	Floaton	29,4	9,4	2,0	557,72
2	Beton Depan dan Belakang	9,4	0,3	2,0	18
3	Beton Samping	30	0,3	2,0	11,52
Total					600,24

Selanjutnya perhitungan V_{tercelup} yang memiliki 4 *Module Floating breakwater* sebesar 2400,96 m³ dengan berat 2460,984 ton dimasukan pada persamaan *bouyancy* maka akan di dapatkan nilai *buoyancy* sebesar 24117,64 N. Jika dihubungkann dengan total berat

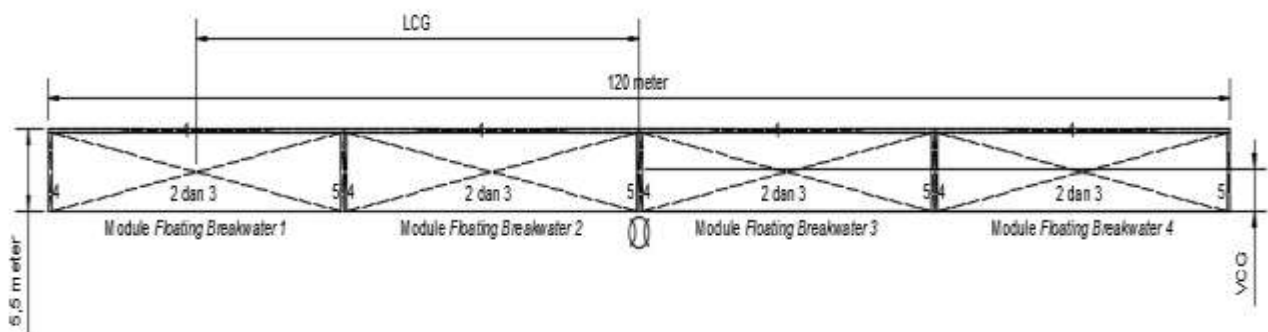
struktur yang memiliki nilai berat 2424,125 ton, maka dapat disimpulkan struktur *floating breakwater* ini dapat mengapung di permukaan air laut.

4.5.4 Centre of Gravity (COG)

Centre Of Gravity pada struktur bangunan terapung sangatlah penting agar dapat mengetahui stabilitas dari bangunan terapung tersebut. Sesuai dengan pemahaman *Centre Of Gravity* tersebut adalah titik berat atau pusat massa, yang mana semua beban seakan-akan berada di titik tersebut. Untuk mengetahui letak titik *Centre Of Gravity* ini dapat diketahui dengan meninjau semua bobot pada *floating breakwater* tersebut dengan cara meninjau *Centre Of Gravity* masing-masing bidang dan berat jenis material yang digunakan titik acuan untuk titik berat dihitung dari midship / tengah struktur bangunan. Dalam perhitungan COG diperlukan nilai *longitudinal centre of gravity (LCG)*, *transversal centre of gravity (TCG)*, dan *vertical centre of gravity (VCG)*. LCG menandakan arah sesuai dengan sumbu X pada struktur *floating breakwater*, TCG arah sesuai dengan sumbu Y dan VCG arah sesuai dengan sumbu Z struktur *floating breakwater*. Dibawah ini merupakan gambar untuk titik berat suatu struktur.



Gambar 4.19 Ilustrasi Titik Pusat dan Arah Gerakan *Floating Breakwater*



Gambar 4.20 *floating breakwater* dengan titik acuan pada *midship*

Berikut table *Centre Of Gravity* masing-masing item :

Tabel 4.11 *Centre Of Gravity* masing-masing bidang pada *floating breakwater*

CENTRE OF GRAVITY							
No	Item	Volume (m3)	Berat Jenis (kg/m3)	Berat Item (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)
1	Floaton	1357,2	70	95004	-45	0	2,6
	Bidang 1	90	2400	216000	-45	0	5,35
	Bidang 2	46,8		112320	-45	0	2,6
	Bidang 3	46,8		112320	-45	0	2,6
	Bidang 4	14,976		35942,4	-59,85	0	2,6
	Bidang 5	14,976		35942,4	-30,15	0	2,6
2	Floaton	1357,2	70	95004	-15	0	2,6
	Bidang 1	90	2400	216000	-15	0	5,35
	Bidang 2	46,8		112320	-15	0	2,6
	Bidang 3	46,8		112320	-15	0	2,6
	Bidang 4	14,976		35942,4	-29,85	0	2,6
	Bidang 5	14,976		35942,4	-0,15	0	2,6
3	Floaton	1357,2	70	95004	15	0	2,6
	Bidang 1	90	2400	216000	15	0	5,35
	Bidang 2	46,8		112320	15	0	2,6
	Bidang 3	46,8		112320	15	0	2,6
	Bidang 4	14,976		35942,4	0,15	0	2,6
	Bidang 5	14,976		35942,4	29,85	0	2,6
4	Floaton	1357,2	70	95004	45	0	2,6
	Bidang 1	90	2400	216000	45	0	5,35
	Bidang 2	46,8		112320	45	0	2,6
	Bidang 3	46,8		112320	45	0	2,6
	Bidang 4	14,976		35942,4	30,15	0	2,6
	Bidang 5	14,976		35942,4	59,85	0	2,6
Total				2430115,2			

Setelah mendapatkan nilai *Centre Of Gravity* masing-masing bidang yang paparkan pada table 4.13, selanjutnya mencari Momen X, Momen Y, dan Momen Z dengan cara mengalikan hasil LCG, TCG, dan VCG dengan hasil masing-masing berat bidang. Berikut tabel untuk nilai momen :

Tabel 4.12 Momen Masing - Masing Bidang

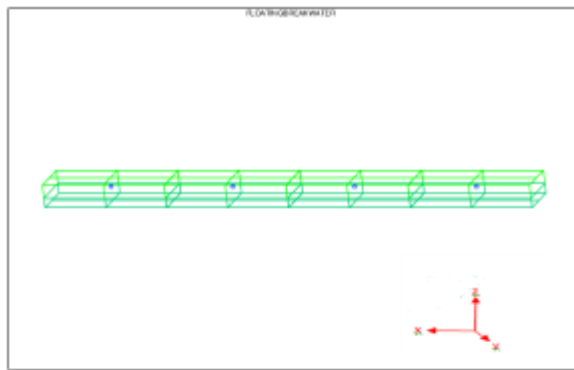
CENTRE OF GRAVITY								
No	Item	Berat Item (kg)	LCG (m)	TCG (m)	VCG (m)	Momen X (kg.m)	Momen Y (kg.m)	Momen Z (kg.m)
<i>Module Floating Breakwater 1</i>	Floaton	95004	15	0	2,6	-4275180	0	247010,4
	Bidang 1	216000	15	0	5,35	-9720000	0	1155600
	Bidang 2	112320	15	0	2,6	-5054400	0	292032
	Bidang 3	112320	15	0	2,6	-5054400	0	292032
	Bidang 4	35942,4	0,15	0	2,6	-2106337	0	93450,24
	Bidang 5	35942,4	29,85	0	2,6	-1061087	0	93450,24
<i>Module Floating Breakwater 2</i>	Floaton	95004	45	0	2,6	-1425060	0	247010,4
	Bidang 1	216000	45	0	5,35	-3240000	0	1155600
	Bidang 2	112320	45	0	2,6	-1684800	0	292032
	Bidang 3	112320	45	0	2,6	-1684800	0	292032
	Bidang 4	35942,4	30,15	0	2,6	-1050529	0	93450,24
	Bidang 5	35942,4	59,85	0	2,6	-5279,04	0	93450,24
<i>Module Floating Breakwater 3</i>	Floaton	95004	75	0	2,6	1425060	0	247010,4
	Bidang 1	216000	75	0	5,35	3240000	0	1155600
	Bidang 2	112320	75	0	2,6	1684800	0	292032
	Bidang 3	112320	75	0	2,6	1684800	0	292032
	Bidang 4	35942,4	60,15	0	2,6	5279,04	0	93450,24
	Bidang 5	35942,4	89,85	0	2,6	1050528,96	0	93450,24
<i>Module Floating Breakwater 4</i>	Floaton	95004	105	0	2,6	4275180	0	247010,4
	Bidang 1	216000	105	0	5,35	9720000	0	1155600
	Bidang 2	112320	105	0	2,6	5054400	0	292032
	Bidang 3	112320	105	0	2,6	5054400	0	292032
	Bidang 4	35942,4	90,15	0	2,6	1061087,04	0	93450,24
	Bidang 5	35942,4	119,85	0	2,6	2106336,96	0	93450,24
Total		2430115				0	0	8694299,52

Setelah itu mencari total *Centre Of Gravity* keseluruhan pada *floating breakwater* dengan cara membagi jumlah masing-masing Momen X, Momen Y, dan Momen Z dengan nilai total berat item. Berikut merupakan table nilai hasil perhitungan total dan gambar letak dari *Centre Of Gravity floating breakwater* :

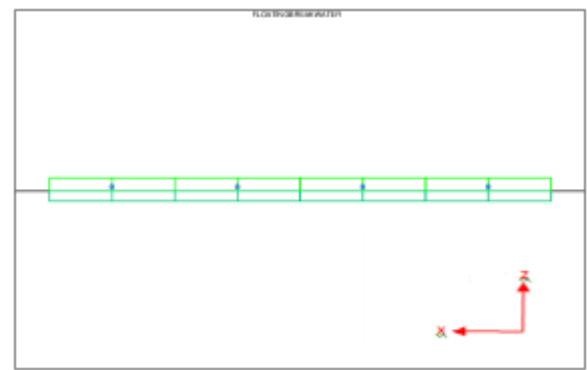
$$\text{CoG} = \frac{\sum \text{Momen}}{\sum \text{Massa}} \quad (4.4)$$

Tabel 4.13 Hasil Perhitungan *Centre Of Gravity floating breakwater*

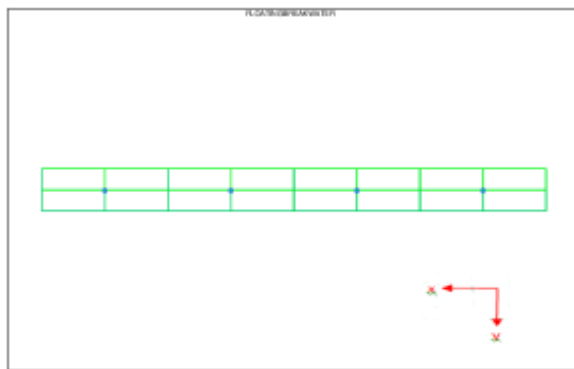
<i>Centre Of Gravity floating breakwater From Midship</i>		
X (m)	Y (m)	Z (m)
0	0	3.6



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 4.21 Pemodelan MOSES yang menunjukkan letak COG *Floating Breakwater* : (gambar a) tampak isometric, (gambar b) tampak depan, (gambar c) tampak atas, (gambar d) tampak samping

4.5.5 Jari – Jari Girasi *Floating Breakwater*

Selain nilai COG yang dibutuhkan untuk analisis gerak bebas pada *floating breakwater* nilai lain yang dibutuhkan adalah radius girasi. Radius girasi diartikan letak suatu titik terhadap sumbu yang melalui pusat berat atau COG. Nilai radius girasi pada tugas akhir ini dilambangkan dengan R_{GX} untuk radius terhadap sumbu X, R_{GY} terhadap sumbu Y, dan R_{GZ} terhadap sumbu Z.

Sebelum mencari radius girasi, dilakukan perhitungan untuk mencari inersia masing-masing massa material dan bidang terlebih dahulu.

momen untuk sumbu X.

$$I_{GX} = \frac{1}{12} m (L^2 + T^2) \quad (4.5)$$

momen untuk sumbu Y.

$$I_{GY} = \frac{1}{12} m (P^2 + T^2) \quad (4.6)$$

momen girasi untuk sumbu Z.

$$I_{GZ} = \frac{1}{12} m (P^2 + L^2) \quad (4.7)$$

Berikut table hasil dari perhitungan inersia masing-masing bidang:

Tabel 4.14 Momen Inersia Masing – Masing Bidang

No	Item	Volume (m3)	Berat Jenis (kg/m3)	Berat Item (kg)	Momen Inersia (kg.m2)		
					I _{GX}	I _{GY}	I _{GZ}
1	Floaton	1357,2	70	95004	855353	6872273	7299474
	Bidang 1	90	2400	216000	1801620	16201620	18000000
	Bidang 2	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 3	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 4	14,976		35942,4	338445	79567	259406
	Bidang 5	14,976		35942,4	338445	79567	259406
2	Floaton	1357,2	70	95004	855353	6872273	7299474
	Bidang 1	90	2400	216000	1801620	16201620	18000000
	Bidang 2	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 3	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 4	14,976		35942,4	338445	79567	259406
	Bidang 5	14,976		35942,4	338445	79567	259406
3	Floaton	1357,2	70	95004	855353	6872273	7299474
	Bidang 1	90	2400	216000	1801620	16201620	18000000
	Bidang 2	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 3	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 4	14,976		35942,4	338445	79567	259406
	Bidang 5	14,976	2400	35942,4	338445	79567	259406

No	Item	Volume (m3)	Berat Jenis (kg/m3)	Berat Item (kg)	Momen Inersia (kg.m2)		
					I _{GX}	I _{GY}	I _{GZ}
Module Floating Breakwater 4	Floaton	1357,2	70	95004	855353	6872273	7299474
	Bidang 1	90	2400	216000	1801620	16201620	18000000
	Bidang 2	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 3	46,8		112320	253937	8677094	8424842
	Bidang 4	14,976		35942,4	338445	79567	259406
	Bidang 5	14,976		35942,4	338445	79567	259406
Total				2424125	15366946	162348861	170671884

Setelah didapatkan hasil nilai I_{GX}, I_{GY}, I_{GZ} selanjutnya untuk mencari radius girasi menggunakan persamaan sebagai berikut, dimana M merupakan total berat dari masing-masing item (massa item):

$$R_{GX} = \sqrt{\frac{I_{GX}}{M}}$$

$$R_{GX} = 2.53 \text{ m}$$

$$R_{GY} = \sqrt{\frac{I_{GY}}{M}}$$

$$R_{GY} = 8.17 \text{ m}$$

$$R_{GZ} = \sqrt{\frac{I_{GZ}}{M}}$$

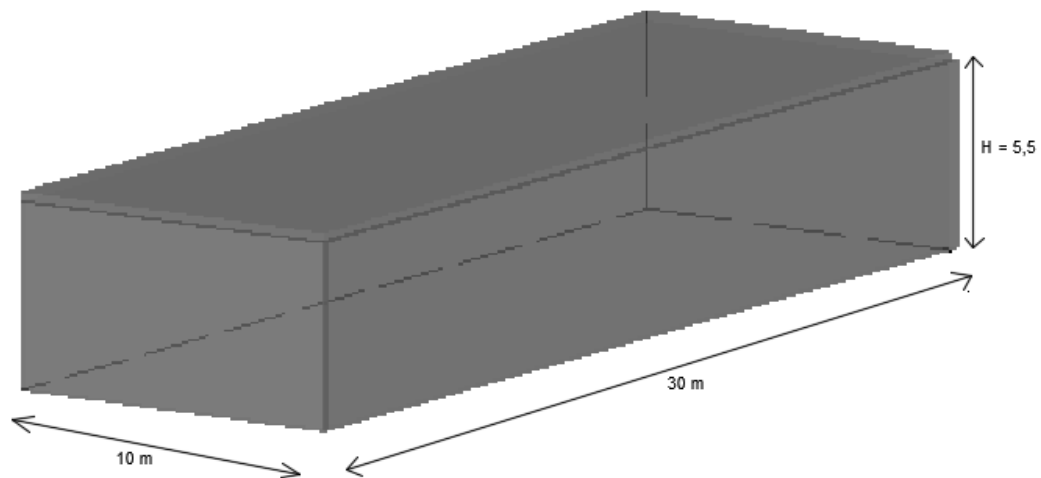
$$R_{GZ} = 8.38 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan radius girasi menggunakan persamaan diatas maka akan didapatkan nilai R_{GX} sebesar 2.53 m, nilai R_{GY} sebesar 8.17 m, dan nilai R_{GZ} sebesar 8.38 m

4.5.6 Pemodelan *Floating Breakwater* Menggunakan *Software MOSES*

Pemodelan struktur *floating breakwater* dalam pengerjaan tugas akhir ini menggunakan bantuan *software MOSES*. Penggunaan *software MOSES* dilakukan karena dengan *software* tersebut dapat pula dihasilkan nilai-nilai hidrostatik dari *floating breakwater* yang diperlukan untuk menganalisis gerak *floating breakwater* tersebut. Dalam pemodelan ini menggunakan dimensi 1 *module floating breakwater* yang memiliki panjang 30 m, lebar 10 m, dan tinggi 5.5 m sesuai perhitungan dan pengamatan. Dan di desain menjadi 4 *module*

floating breakwater sehingga dimensi *floating breakwater* memiliki panjang 120 m, lebar 10 m, dan tinggi 5.5 m



TAMPAK ISOMETRI

Gambar 4.22 Dimensi Satu *Module Floating Breakwater*

Setelah struktur berhasil dimodelkan langkah selanjutnya adalah memvalidasi nilai hidrostatik yang dihasilkan oleh *software* MOSES tersebut. Nilai yang divalidasi adalah nilai displacement dan nilai water plane area dengan perhitungan manual.

Tabel 4.15 Nilai Hidrostatik pada *Floating breakwater* pada output *software* MOSES

NILAI HIDROSTATIS STRUKTUR <i>FLOATING BREAKWATER</i>		
P (Panjang)	120	m
L (Lebar)	10	m
T (Tinggi)	5,5	m
Draft	2,0	m
Freeboard	3,5	m
Displacement	2459,35	ton
KB (<i>Keel to Bouyancy</i>)	1,79	m
WPA (<i>Waterplane Area</i>)	1200	m ²
LCF (<i>Longitudinal of centre Floatation</i>)	60	m
LCB (<i>Longitudinal of centre Bouyancy</i>)	60	m
KMT (<i>Keel to Metacentre Transversal</i>)	5,17	m
KML (<i>Keel to Metacentre Longitudinal</i>)	600	m

Tabel 4.16 Validasi nilai – nilai hidrostatik dengan perhitungan manual

Validasi	Satuan	Model		Koreksi (%)
		Perhitungan	Moses	
Displacement	ton	2460,984	2459,35	0.02
WPA	m ²	1200	1200	0

Berdasarkan hasil validasi di atas diperoleh koreksi *displacement* tidak melebihi 2% maka model dapat dinyatakan valid dan sudah mewakili struktur sesungguhnya. Dapat diambil kesimpulan bahwa model MOSES layak digunakan dalam analisis-analisis selanjutnya.

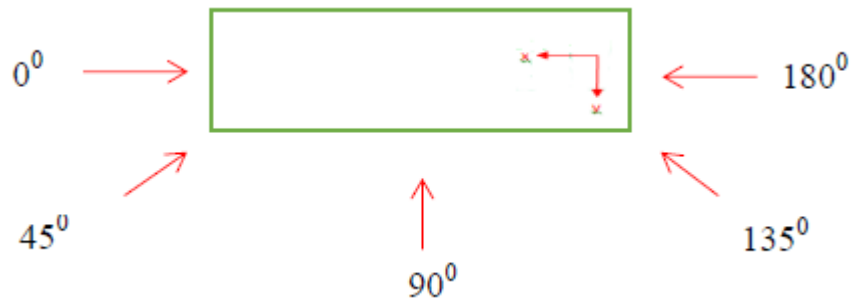
4.6 Analisis Gerak Floating breakwater Pada Saat Free Floating

Pada tugas akhir kali ini struktur *floating breakwater* akan dianalisis gerakannya dengan keadaan terapung bebas atau *free floating*. Hal ini ditujukan karena untuk menghitung *tension* pada *mooring line floating breakwater* harus didapatkan dulu nilai-nilai respon gerak struktur untuk di-input kan pada *software Orcaflex*. Nilai-nilai respon gerak ini dihasilkan dari *software MOSES*. Nilai-nilai respon gerak tersebut di-input kan sebagai respon gerak yang terjadi akibat beban lingkungan yang terjadi seperti beban gelombang, beban arus, dan beban angin yang bekerja pada *floating breakwater* tersebut. Penjelasan dibawah ini akan menerangkan karakteristik gerak *floating breakwater* yang dianalisis akibat beban lingkungan yang di tinjau.

4.6.1 Skenario Dengan menambahkan Beban Lingkungan

Skenario pembebanan yang dilakukan untuk menganalisis gerak *floating breakwater* pada software MOSES dalam penelitian ini, khususnya untuk beban lingkungan adalah sebagai berikut :

- Beban gelombang arah 0^0
- Beban gelombang arah 45^0
- Beban gelombang arah 90^0
- Beban gelombang arah 135^0
- Beban gelombang arah 180^0

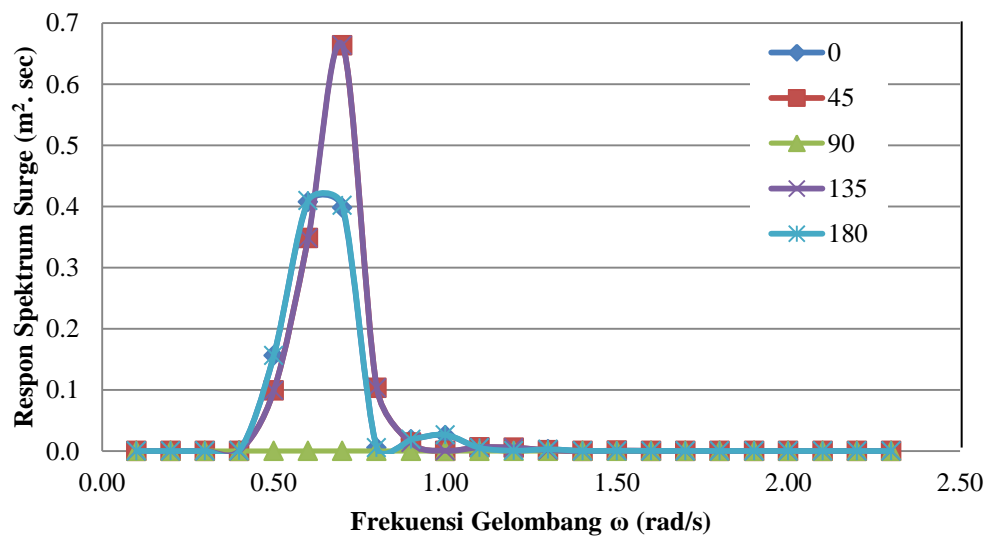


Gambar 4.23 Skenario arah datang gelombang pada *floating breakwater* tampak atas.

4.6.2 Respon Gerak Struktur *Floating Breakwater* kondisi *Free Floating*

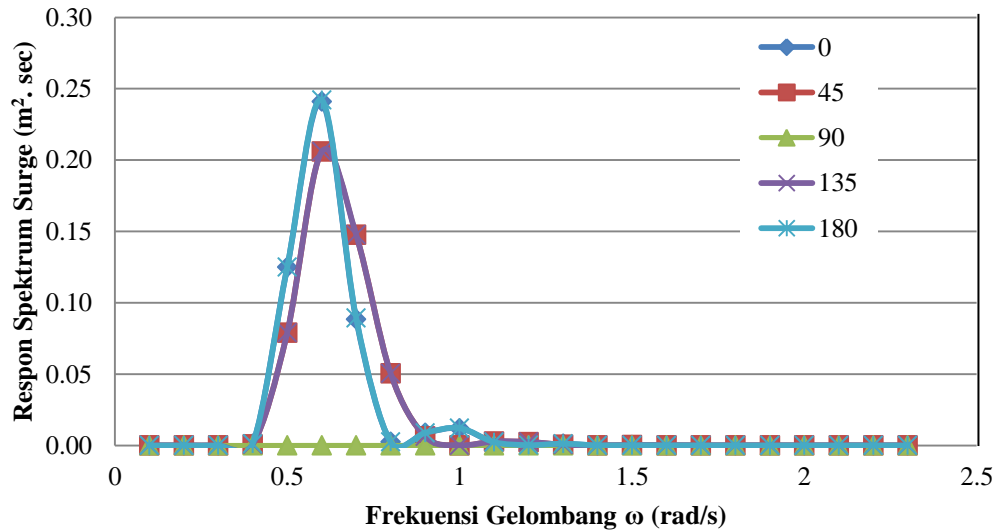
Untuk mengetahui respon gerak struktur *floating breakwater* pada kondisi *free floating* pada *floating breakwater* ini di bantu dengan menggunakan software MOSES untuk mendapatkan *response amplitudo operator (RAO)* setelah itu menghitung secara manual untuk mendapatkan respon spektrum yang akan menghasilkan respon gerak *floating breakwater* pada kondisi *free floating* dengan arah pembebanan 0° , 45° , 90° , 135° , 180° . Berikut pemaparan karakteristik gerak *floating breakwater* pada waktu *free floating* :

Analisis Respon Spektrum Gerakan Surge Pada Kondisi *Free Floating* Arah Barat Daya dan Selatan



Gambar 4.24 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Surge arah Barat Daya

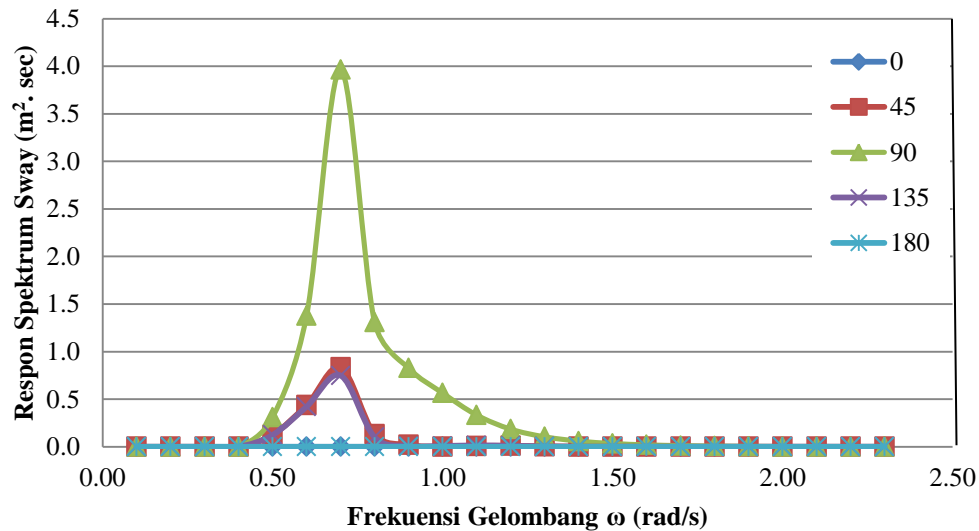
Gerakan *surge* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu x pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.24 bahwa karakteristik gerakan *surge* didominasi oleh arah 45^0 dan arah 135^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0.66 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang keduanya terjadi pada frekuensi yang sama 0.7 rad/s . sedangkan arah 90^0 tidak memberikan efek terhadap perilaku gerakan *surge*.



Gambar 4.25 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Selatan

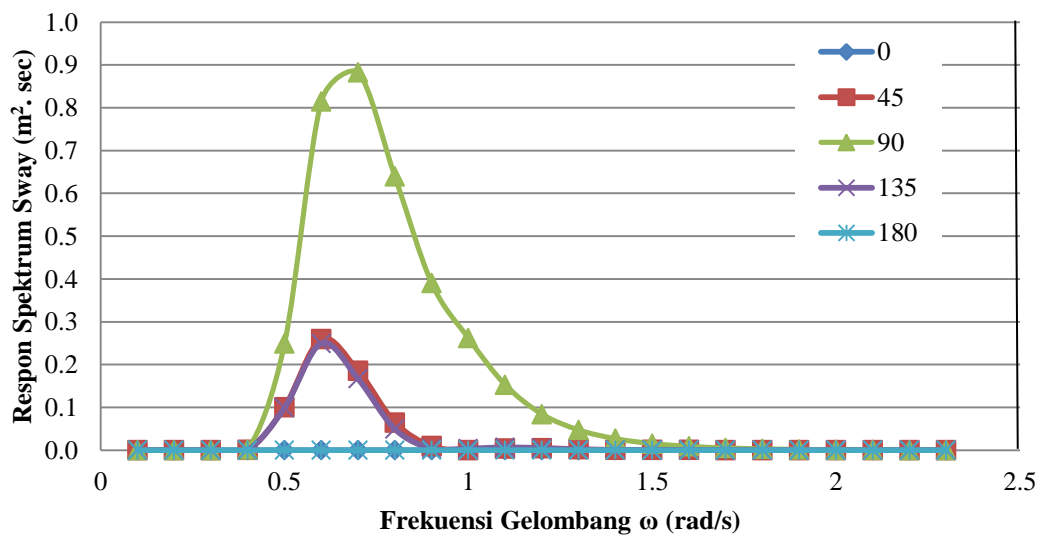
Gerakan *surge* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu x pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.25 bahwa karakteristik gerakan *surge* didominasi oleh arah 180^0 dan arah 0^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0.24 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang keduanya terjadi pada frekuensi yang sama 0.6 rad/s . sedangkan arah 90^0 tidak memberikan efek terhadap perilaku gerakan *surge*.

Analisis Respon Spektrum Gerakan Sway Pada Kondisi *Free Floating* Arah Barat Daya dan Selatan



Gambar 4.26 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Barat Daya

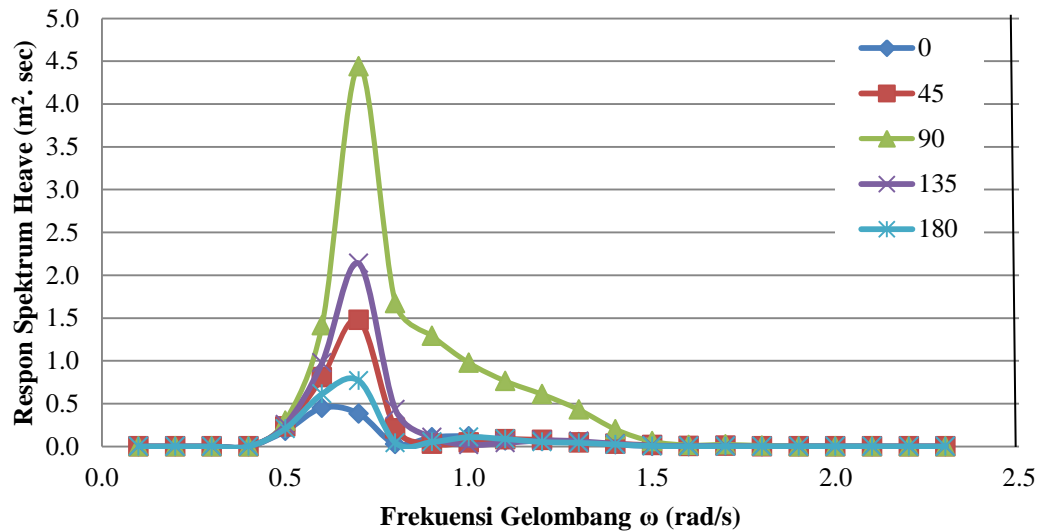
Gerakan *sway* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu y pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.26 bahwa karakteristik gerakan *sway* didominasi oleh arah 90° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $3,97 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi 0.6 rad/s . sedangkan arah 0° dan 180° tidak memberikan efek terhadap perilaku gerakan *sway*.



Gambar 4.27 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Selatan

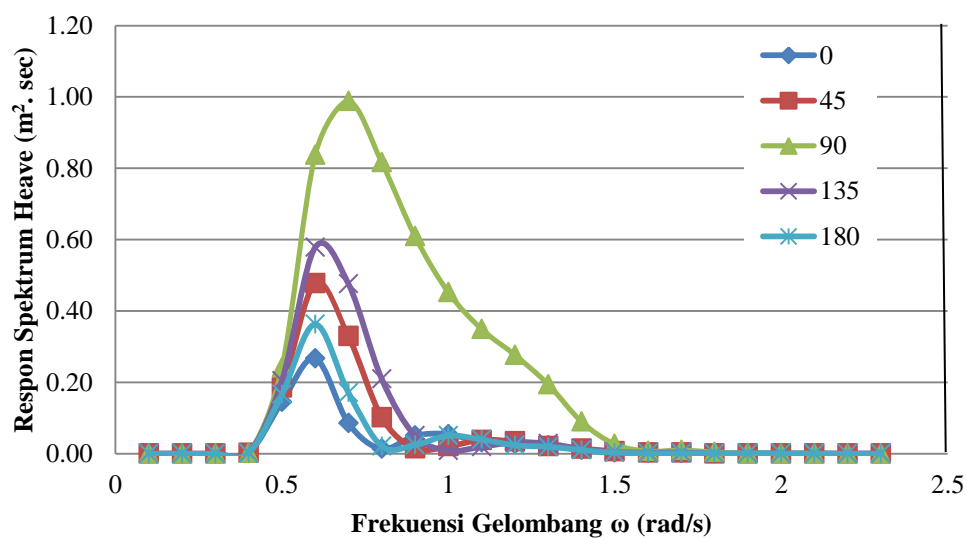
Gerakan *sway* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu y pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.27 bahwa karakteristik gerakan *sway* didominasi oleh arah 90° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0,88 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s . sedangkan arah 0° dan 180° tidak memberikan efek terhadap perilaku gerakan *sway*.

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Heave* Pada Kondisi *Free Floating* Arah Barat Daya dan Selatan



Gambar 4.28 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Barat Daya

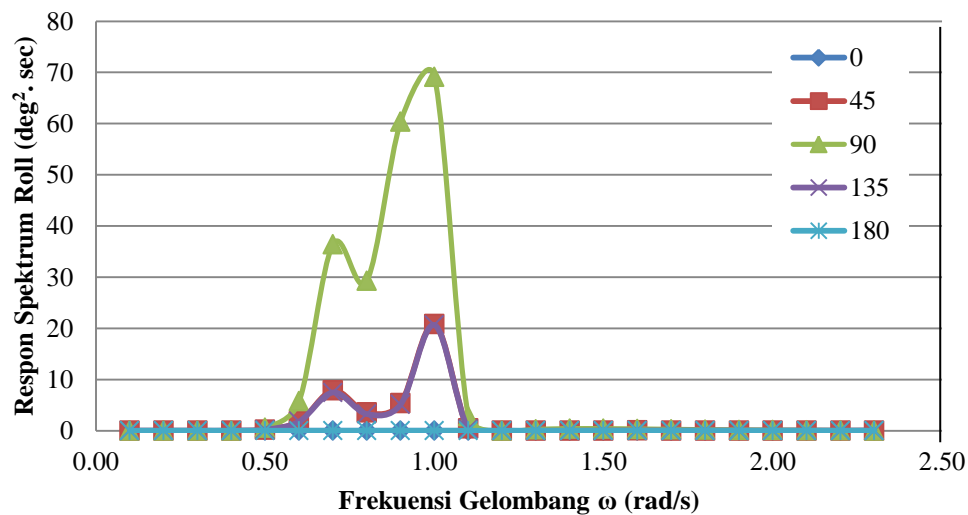
Gerakan *heave* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu z pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.28 bahwa karakteristik gerakan *heave* didominasi oleh arah 90° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $4,44 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.



Gambar 4.29 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Selatan

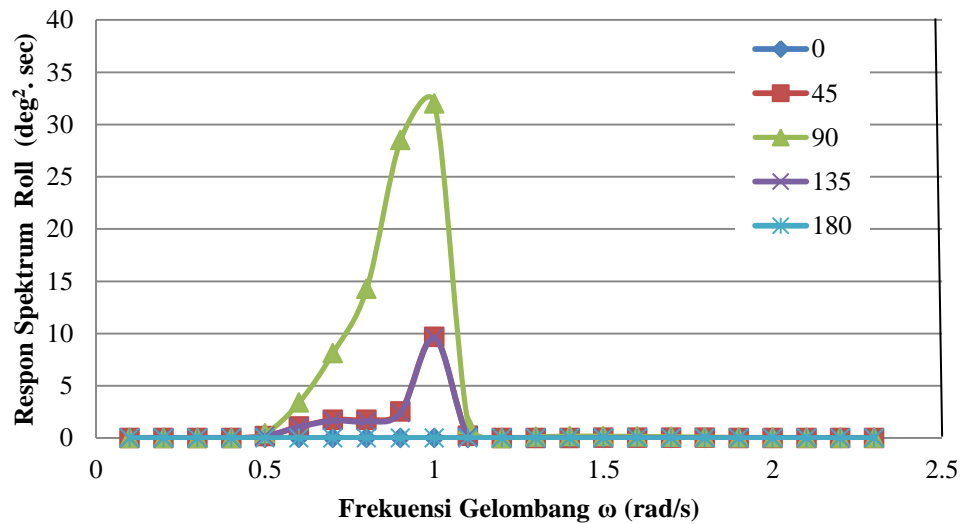
Gerakan *heave* merupakan mode gerakan transversal arah sumbu z pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.28 bahwa karakteristik gerakan *heave* didominasi oleh arah 90^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0,98 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Roll* Pada *Kondisi Free Floating* Arah Barat Daya dan Selatan



Gambar 4.30 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Barat Daya

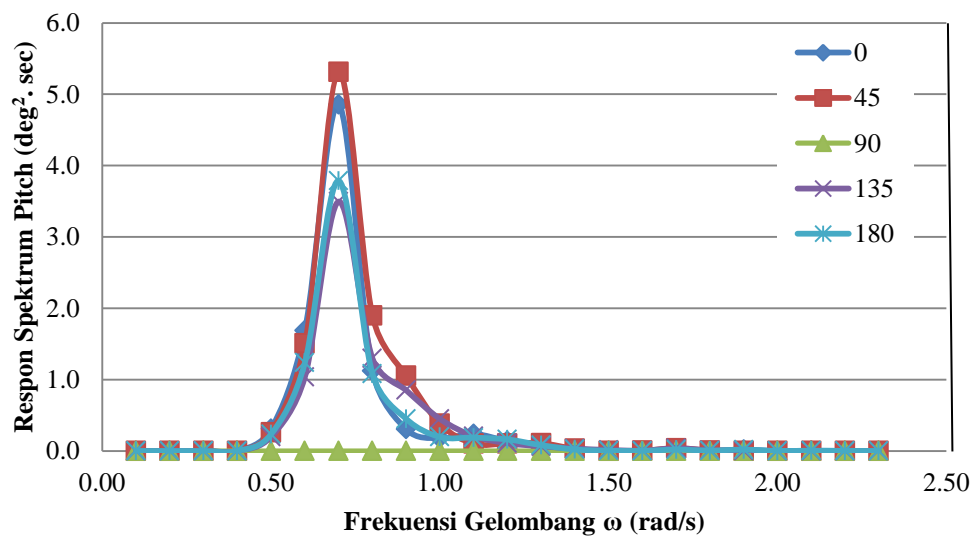
Gerakan *roll* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu x pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.30 bahwa karakteristik gerakan *roll* didominasi oleh arah 90^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $69,10 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama 1 rad/s .



Gambar 4.31 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Selatan

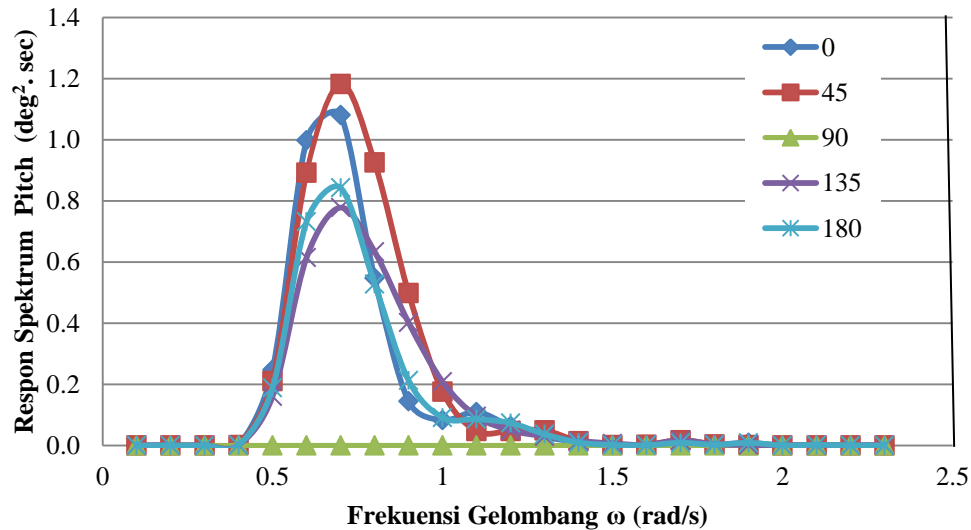
Gerakan *roll* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu x pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.31 bahwa karakteristik gerakan *roll* didominasi oleh arah 90° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $32 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama 1 rad/s .

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Pitch* Pada Kondisi *Free Floating* Arah Barat Daya dan Selatan



Gambar 4.32 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Barat Daya

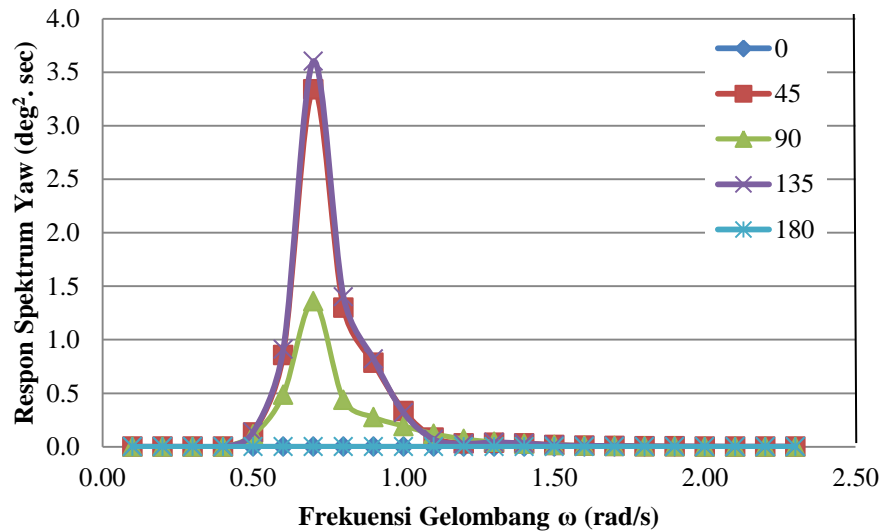
Gerakan *pitch* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu y pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.32 bahwa karakteristik gerakan *pitch* didominasi oleh arah 45^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $5,31 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.



Gambar 4.33 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Selatan

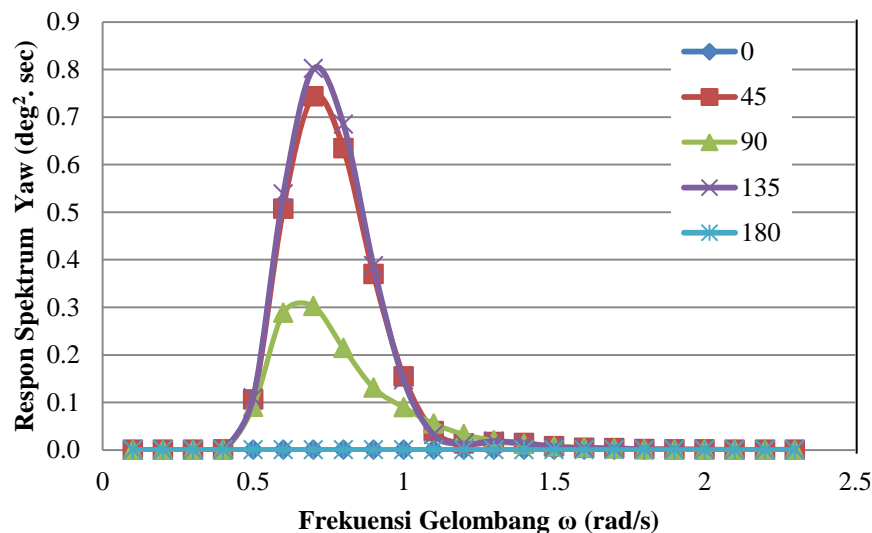
Gerakan *pitch* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu y pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.33 bahwa karakteristik gerakan *pitch* didominasi oleh arah 45^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $1,18 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.

Analisis Respon Spektrum Gerakan Yaw Pada Kondisi Free Floating Arah Barat Daya dan Selatan.



Gambar 4.34 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Yaw arah Barat Daya

Gerakan *yaw* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu z pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.35 bahwa karakteristik gerakan *yaw* didominasi oleh arah 135° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $3,6 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.



Gambar 4.35 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Yaw arah Selatan

Gerakan *yaw* merupakan mode gerakan rotasional arah sumbu z pada bangunan apung. Seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.35 bahwa karakteristik gerakan *yaw* didominasi oleh arah 135° dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0,8 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi yang sama $0,7 \text{ rad/s}$.

4.7 Pemodelan Tali Tambat

4.7.1 Kondisi Lingkungan

Kondisi lingkungan perlu ditinjau untuk mendapatkan *minimum breaking load* (MLB) yang sesuai, beban lingkungan yang ditinjau adalah angin , arus dan gelombang di daerah nagan raya, aceh. Kondisi lingkungan ditinjau berdasarkan arah dominan gelombang yaitu arah barat daya. Berdasarkan DnV OS E301, kondisi angin dan gelombang menggunakan periode ulang 100 tahunan sedangkan untuk arus menggunakan periode ulang 10 tahunan. Berikut tabel kondisi lingkungan :

Tabel 4.17 Kondisi Lingkungan pada Nagan Raya , Aceh

Data Gelombang	Arah Barat Daya	Arah Selatan
Spektrum	JONSWAP	
Tinggi Gelombang Signifikan	4,2 m	2,9 m
Periode	9 s	9,3 m
Kecepatan Arus	1,4 m/s	1,6 m/s
Kecepatan Angin	17,4 m/s	10,5 m/s

Setelah didapatkan kondisi lingkungan , dilanjutkan dengan menghitung beban lingkungan berdasarkan (OCIMF,2010) sehingga didapatkan *mininum breaking load* sebesar 1528,65 kN dengan mempertimbangkan beban lingkungan pada tali tambat setelah itu didapatkan diameter serta *breaking load* yang mendekati beban lingkungan sesuai barmoral marine katalog.

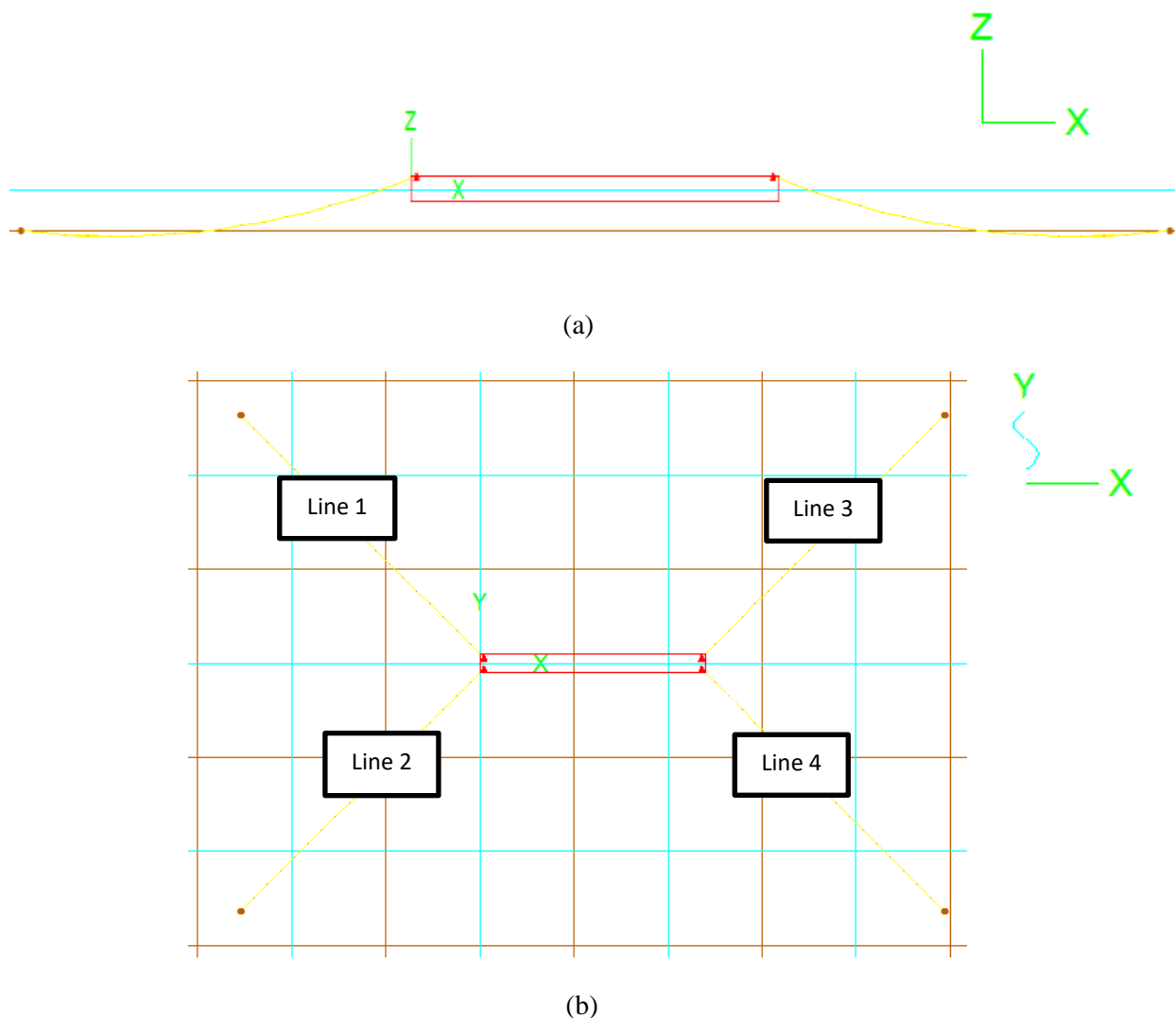
4.7.2 Pemodelan *Catenary Mooring*

Pemilihan jenis *mooring* yang digunakan pada *floating breakwater* ini adalah *Catenary Mooring Line*. *Catenary Mooring Line* adalah penambat struktur terapung yang menggunakan prinsip *catenary* yang bertujuan untuk memanfaatkan berat *mooring* sehingga struktur terapung tertahan di posisinya.

Desain *mooring* struktur *floating breakwater* ini memerlukan 4 buah *mooring* yang akan di tambatkan dengan menggunakan metode *Multi Point Mooring* (MPM) . Analisis *mooring* struktur ini di berikan variasi ketinggian *fairlead* berdasarkan sudut datang arah pembebanan, dan perletakan tali tambat yang nantinya akan berpengaruh pada tension

mooring dan *offset* pada *floating breakwater*. Biasanya *Catenary Mooring Line*. ini digunakan pada kondisi perairan dangkal, Selain itu *catenary mooring* ini memiliki tension yang tidak terlalu besar, maka berpengaruh pada peluang untuk putusnya tali tambat semakin kecil.

Perhitungan panjang *mooring line* didapatkan menggunakan acuan dari (Faltinsen, 1990) Untuk menentukan sudut ordinat pada mooring line yang dipasang dibantu dengan menggunakan software Autocad. Tiap-tiap mooring line menggunakan ordinat symetri 45^0 . Berikut posisi tali tambat yang dihubungkan dari *fairlead* menuju *anchor* serta gambar *floating breakwater* yang telah dimodelkan menggunakan software *Orcaflex*.sedangkan kemiringan sudut tali tambat dibuat variasi 30^0 , 45^0 , dan 60^0 . berikut ini merupakan penempatan tali tambat.



Gambar 4.36 *Floating Breakwater* Yang Sudah Tertambat (a) Tampak depan ; (b) Tampak atas

Tabel 4.18 Letak Pemasangan Tali Tambat pada *Floating Breakwater* Pada Kemiringan Tali Tambat 30^0

No.	Tali Tambat	Posisi <i>Fairlead</i> (m)			Posisi <i>Anchor</i> (m)		
		X	Y	z	x	Y	Z
1	Line 1	2	3	5,5	-113,706	118,706	0
2	Line 2	2	-3	5,5	-113,706	-118,706	0
3	Line 3	118	3	5,5	233,706	118,706	0
4	Line 4	118	-3	5,5	233,706	-118,706	0

Tabel 4.19 Letak Pemasangan Tali Tambat pada *Floating Breakwater* Pada Kemiringan Tali Tambat 45^0

No.	Tali Tambat	Posisi <i>Fairlead</i> (m)			Posisi <i>Anchor</i> (m)		
		X	Y	z	x	Y	z
1	Line 1	2	3	5,5	-115,9511	120,9511	0
2	Line 2	2	-3	5,5	-115,9511	-120,9511	0
3	Line 3	118	3	5,5	235,9511	120,9511	0
4	Line 4	118	-3	5,5	235,9511	-120,9511	0

Tabel 4.20 Letak Pemasangan Tali Tambat pada *Floating Breakwater* Pada Kemiringan Tali Tambat 60^0

No.	Tali Tambat	Posisi <i>Fairlead</i> (m)			Posisi <i>Anchor</i> (m)		
		X	Y	z	x	Y	z
1	Line 1	2	3	5,5	-121,0366	126,0366	0
2	Line 2	2	-3	5,5	-121,0366	-126,0366	0
3	Line 3	118	3	5,5	241,0366	126,0366	0
4	Line 4	118	-3	5,5	241,0366	-126,0366	0

Tabel 4.21 Panjang Tali Tambat

No	Item	Panjang Tali kemiringan 30^0 (m)	Panjang Tali kemiringan 45^0 (m)	Panjang Tali kemiringan 60^0 (m)
1	Line 1	164	167	174
2	Line 2	164	167	174
3	Line 3	164	167	174
4	Line 4	164	167	174

Material yang digunakan pada sistem tambat *floating breakwater* ini adalah *wire rope*. *Wire rope* telah menunjukkan keunggulannya pada operasi lepas pantai. Dibandingkan dengan rantai memiliki daya tahan terhadap korosi lebih lama dan lebih flexible. Perancangan desain

mooring kali ini menggunakan diameter 54 mm dan memiliki breaking load 1706,94 kN yang menggunakan acuan katalog dari Balmoral Marine.

4.7.3 Hasil Analisis *Tension* dan *Offset*

Untuk mengetahui nilai *tension pada mooring line floating breakwater*, penelitian kali ini di bantu dengan menggunakan software Orcaflex. Analisis *tension* pada *mooring line* ini dilakukan untuk mendapatkan nilai tegangan maksimum yang terjadi pada *mooring line*. Hasil dari tegangan maksimum ini akan digunakan untuk menentukan apakah konfigurasi *mooring floating breakwater* sudah didesain kuat atau tidak saat digunakan di dunia nyata. Beban yang dimasukkan dalam analisis ini adalah beban gelombang, arus, dan angin. Setelah memasukkan input beban lingkungan seperti yang sudah disebutkan, kemudian dilakukan input data *floating breakwater* dari software MOSES. Setelah *floating breakwater* sudah sesuai dengan design maka dilakukan peletakan struktur *mooring floating breakwater* dan *mooring line* sesuai dengan design yang diinginkan. *Safety Factor* untuk *mooring line* sebesar 1.67 yang menggunakan *rules* dari API RP 2 SK. Untuk proses running agar menghasilkan *tension maksimum* pada *mooring line* diperlukan simulasi selama 3 jam (10800 s) sesuai dengan *rules* dari DNV OS E301.

Untuk mengetahui *offset* pada *floating breakwater* di bantu dengan menggunakan software Orcaflex. *Offset* adalah perpindahan posisi pada *floating breakwater* dengan jarak sejauh X meter setelah terkena gelombang dan merupakan salah satu bentuk respon dari *floating breakwater* pada saat mendapat beban lingkungan. Hasil beban lingkungan yang di dapat dari output software MOSES, selanjutnya diinputkan pada struktur *floating breakwater* menggunakan software Orcaflex. Output yang di berikan dari software Orcaflex ini berupa nilai maksimum *offset floating breakwater*. *Safety Factor* dari *offset* bernilai 8%-12% dari kedalaman. Cara menghitungnya adalah hasil dari pergerakan dinamis dikurangi hasil pergerakan statis. Nilai *safety factor* tersebut mengacu pada API RP 2 SK. Berikut hasil *tension* dan *offset* pada arah Barat Daya dan Selatan.

Tabel 4.22 *Kriteria safety factor tali tambat*

Condition	Safety Factor
Intact (ULS)	> 1.67
Damaged (ALS)	> 1.25

Tabel 4.23 *Tension dan Offset pada Kemiringan Tali Tambat 30⁰ Arah Barat Daya*

Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	191,7	1706,94	6,76	0,042	0,190
2	Line 2	653,4		2,61	0,012	0,932
3	Line 3	646,5		2,64	0,037	0,919
4	Line 4	850,6		2,00	0,001	0,918

**Minimum breaking load dapat dilihat pada Marine equipment handbook , 1998.*

Tabel 4.24 *Tension dan Offset pada Kemiringan Tali Tambat 45⁰ Arah Barat Daya*

Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	187,9	1706,94	9,08	0,042	0,190
2	Line 2	649,4		2,63	0,005	0,189
3	Line 3	626,1		2,73	0,037	0,919
4	Line 4	804,4		2,12	0,001	0,918

Tabel 4.25 *Tension dan Offset pada Kemiringan Tali Tambat 60⁰ Arah Barat Daya*

Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	180,1	1706,94	9,47	0,042	0,190
2	Line 2	640,4		2,67	0,005	0,189
3	Line 3	584,7		2,92	0,037	0,921
4	Line 4	758,9		2,25	0,001	0,920

Tabel 4.26 *Tension* dan *Offset* pada Kemiringan Tali Tambat 30⁰ Arah Selatan

Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	165,3	1706,94	10,32	0,042	0,190
2	Line 2	620,3		2,75	0,012	0,932
3	Line 3	558,6		3,05	0,037	0,919
4	Line 4	725,1		2,35	0,001	0,918

Tabel 4.27 *Tension* dan *Offset* pada Kemiringan Tali Tambat 45⁰ Arah Selatan

Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	160,9	1706,94	10,61	0,042	0,190
2	Line 2	597,6		2,87	0,005	0,189
3	Line 3	532,4		3,20	0,037	0,919
4	Line 4	718,3		2,37	0,001	0,918

Tabel 4.28 *Tension* dan *Offset* pada Kemiringan Tali Tambat 60⁰ Arah Selatan

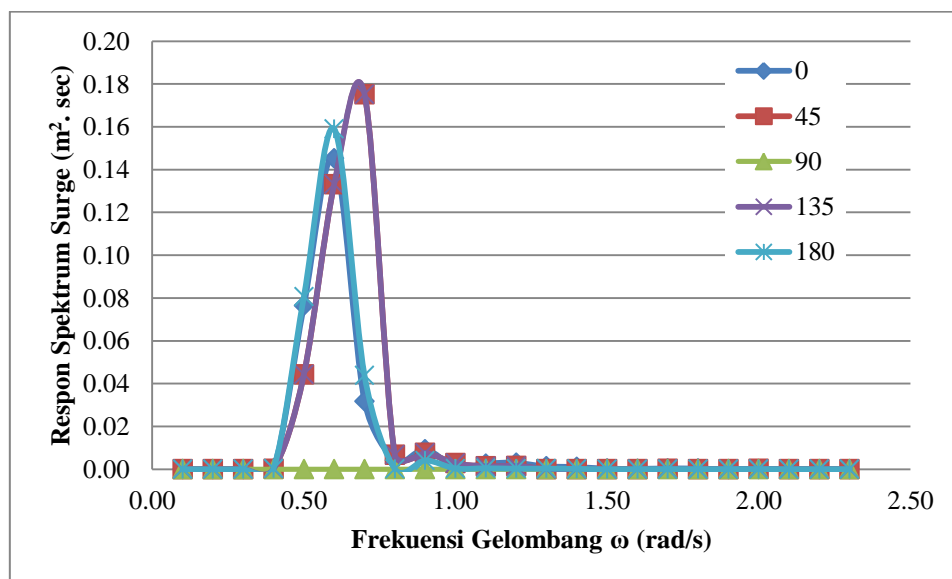
Kondisi <i>Ultimate Limit State (ULC)</i> / <i>Intact</i>						
No	Tali Tambat	<i>Maximum Tension</i> (kN)	<i>*Minimum Breaking Load</i> (kN)	<i>SafetyFactor</i>	<i>Offset</i> (m)	
					x	y
1	Line 1	154,7	1706,94	11,03	0,042	0,190
2	Line 2	543,8		3,13	0,005	0,189
3	Line 3	498,7		3,42	0,037	0,921
4	Line 4	707,3		2,41	0,001	0,920

4.7.4 Respon Gerak Struktur *Floating Breakwater* kondisi Tertambat Arah Barat Daya dan Selatan

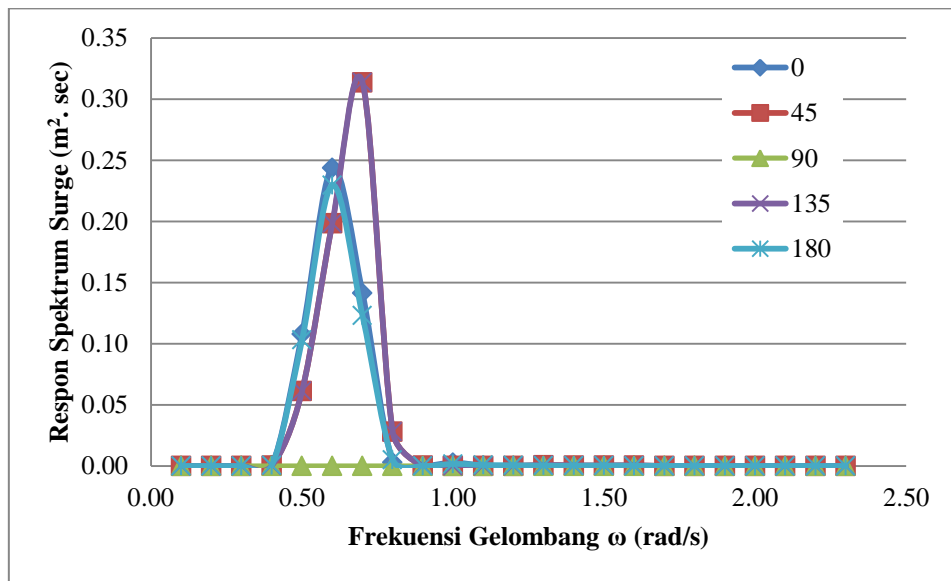
Untuk mengetahui respon gerak struktur *floating breakwater* pada kondisi Tertambat pada *floating breakwater* ini di bantu dengan menggunakan software MOSES untuk mendapatkan *response amplitudo operator (RAO)* setelah itu menghitung secara manual untuk mendapatkan respon spektrum yang akan menghasilkan respon gerak *floating breakwater* pada kondisi Tertambat denga arah pembebanan 0^0 , 45^0 , 90^0 , 135^0 , 180^0 . Serta variasi kemiringan sudut tali tambat yaitu 30^0 , 45^0 , dan 60^0 , berikut pemaparan karakteristik gerak *floating breakwater* pada waktu *free floating* :

Analisis Respon Spektrum Gerakan Surge Kondisi Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .

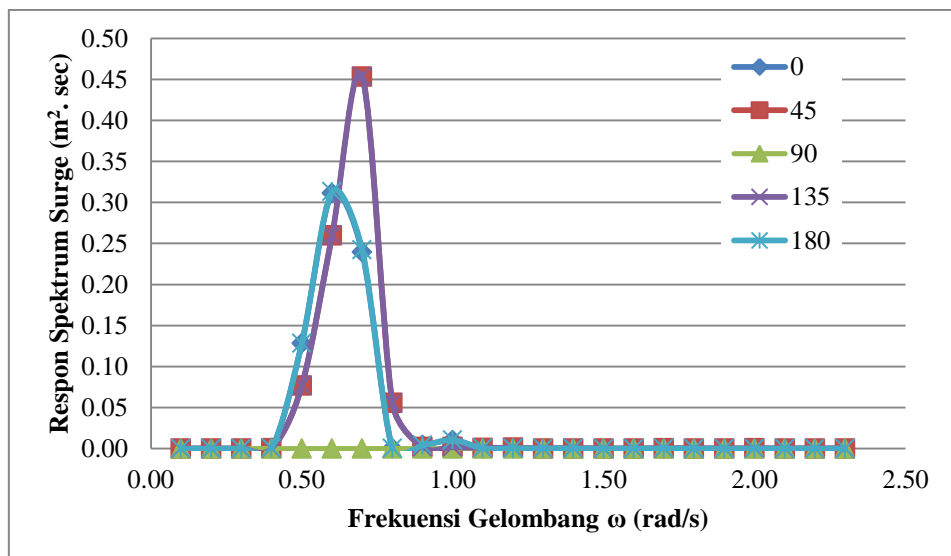
- Arah Barat Daya



Gambar 4.37 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



Gambar 4.38 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0 .

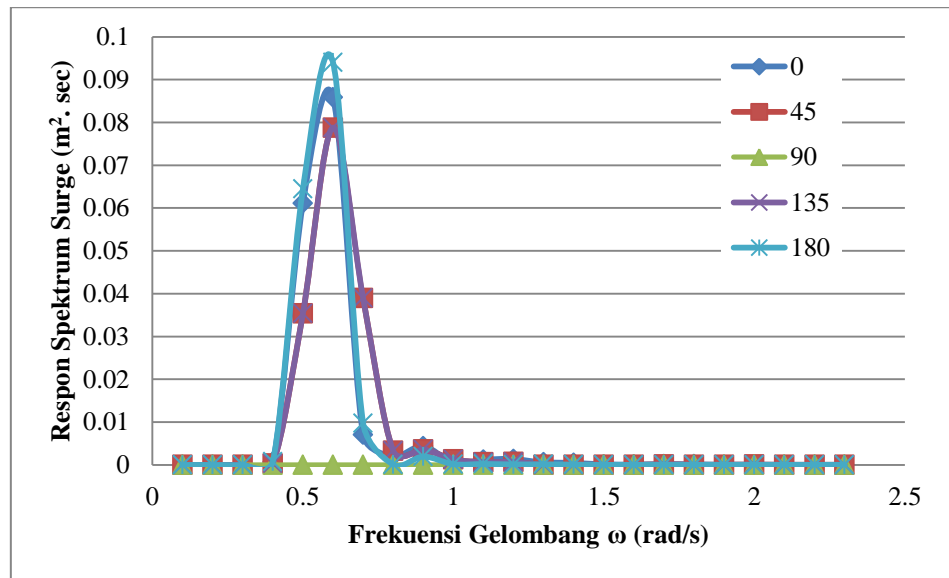


Gambar 4.39 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

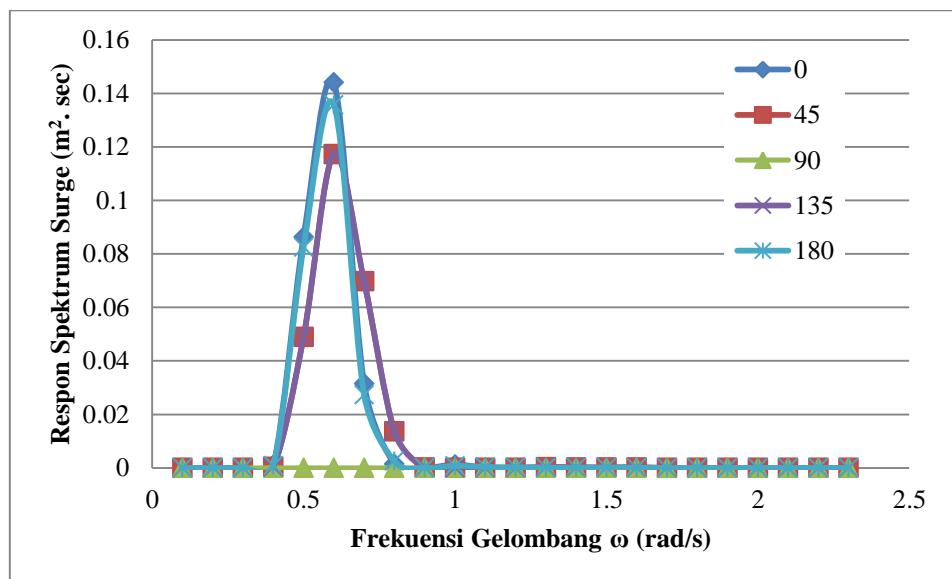
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *surge* arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30^0 lebih kecil dari pada sudut 45^0 dengan 60^0 yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $0,18 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s , sedangkan respon

spektrum maksimum pada tali 45^0 ialah $0,31 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $0,31 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

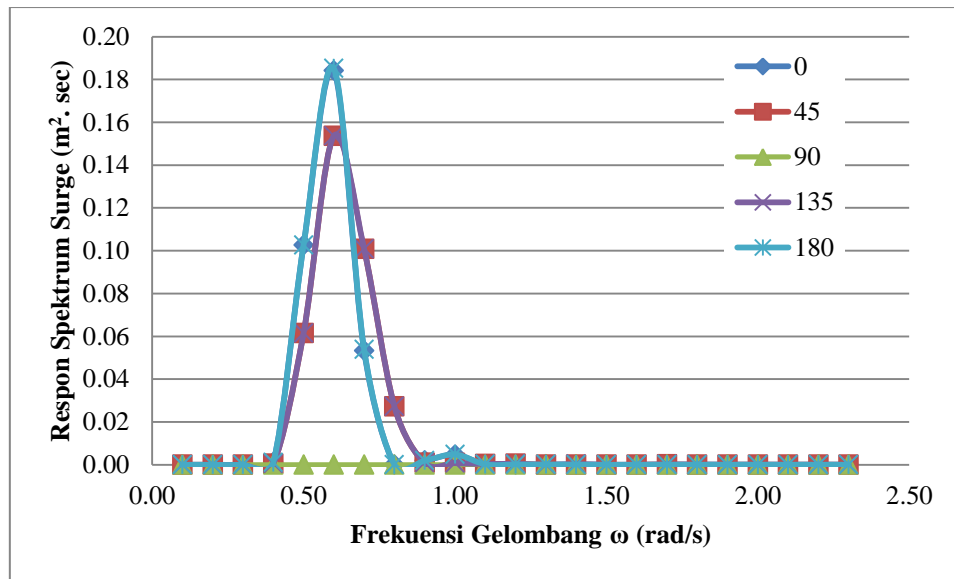
- Arah Selatan



Gambar 4.40 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



Gambar 4.41 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0 .

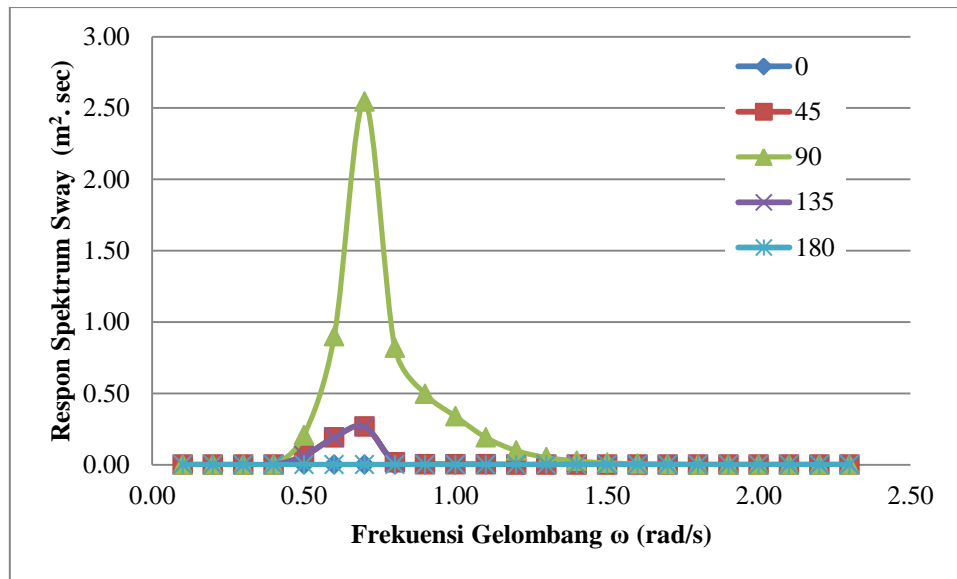


Gambar 4.42 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Surge* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

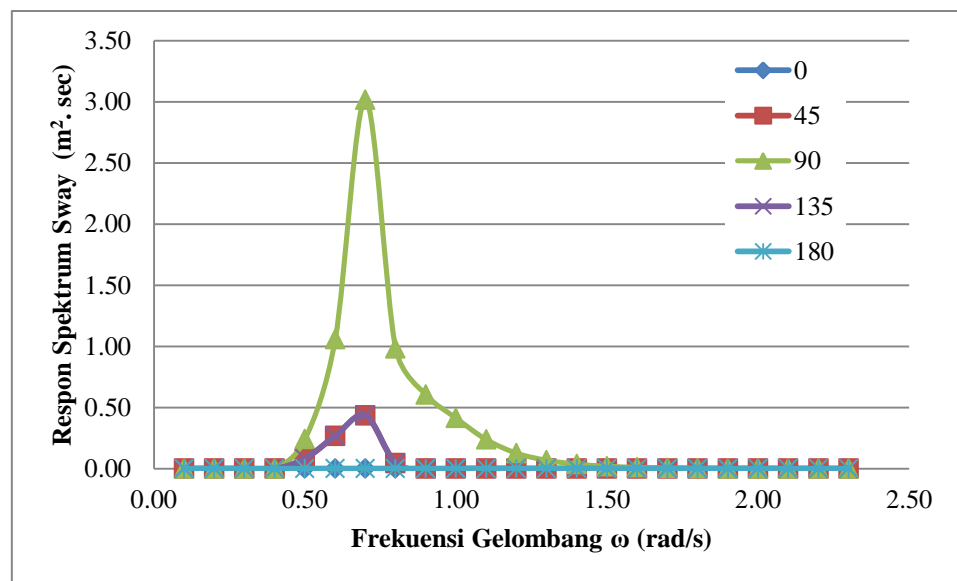
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *surge* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60° , dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah $0,09 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah $0,13 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah $0,18 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,6 \text{ rad/s}$.

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Sway Kondisi* Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30° , 45° , dan 60° .

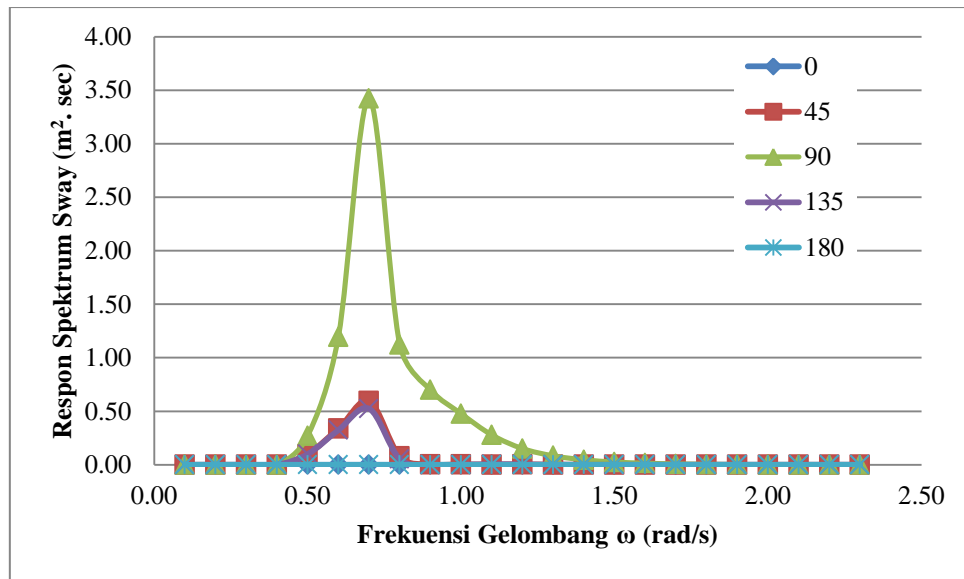
- Arah Barat Daya



Gambar 4.43 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Sway* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30°



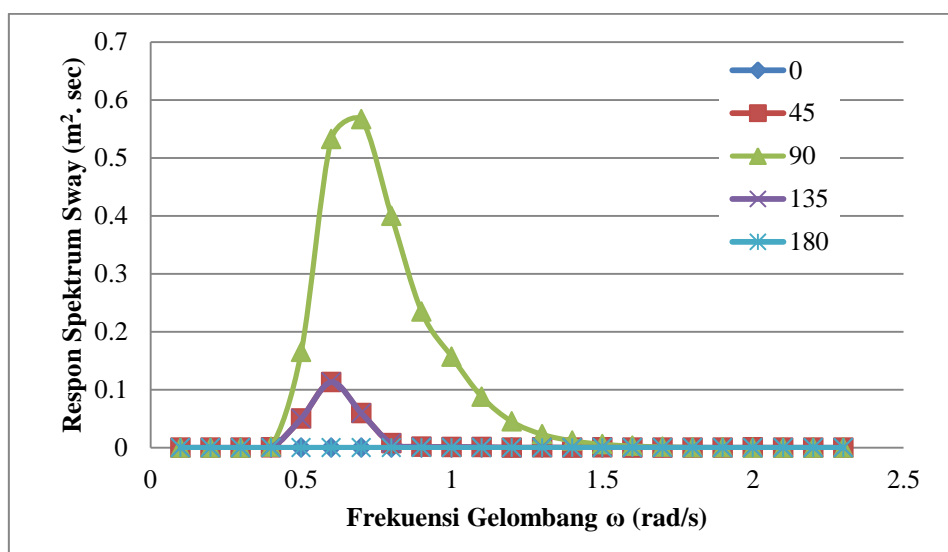
Gambar 4.44 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Sway* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45°



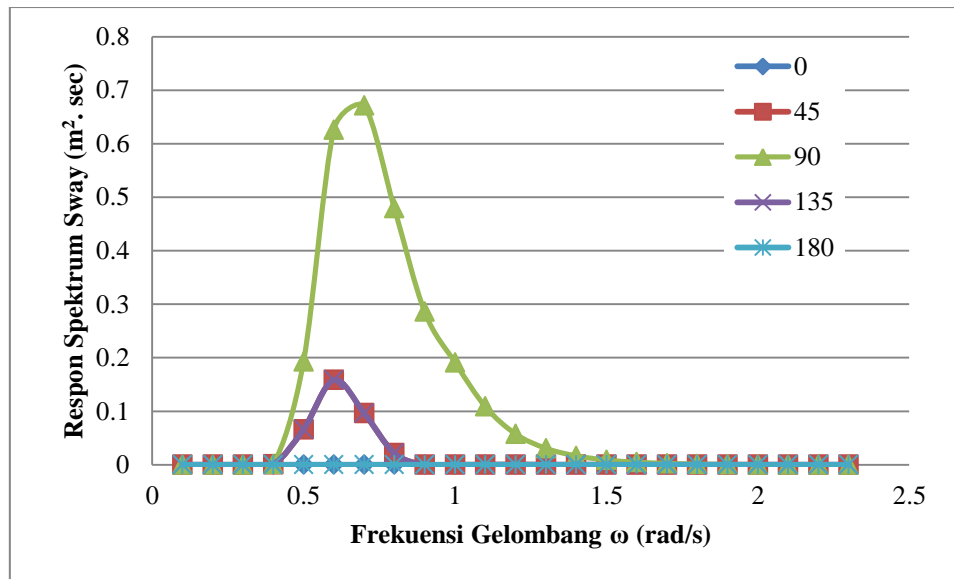
Gambar 4.45 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan sway arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30^0 lebih kecil dari pada sudut 45^0 dengan 60^0 yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $2,54 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s , sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 40^0 ialah $3,02 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $3,42 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

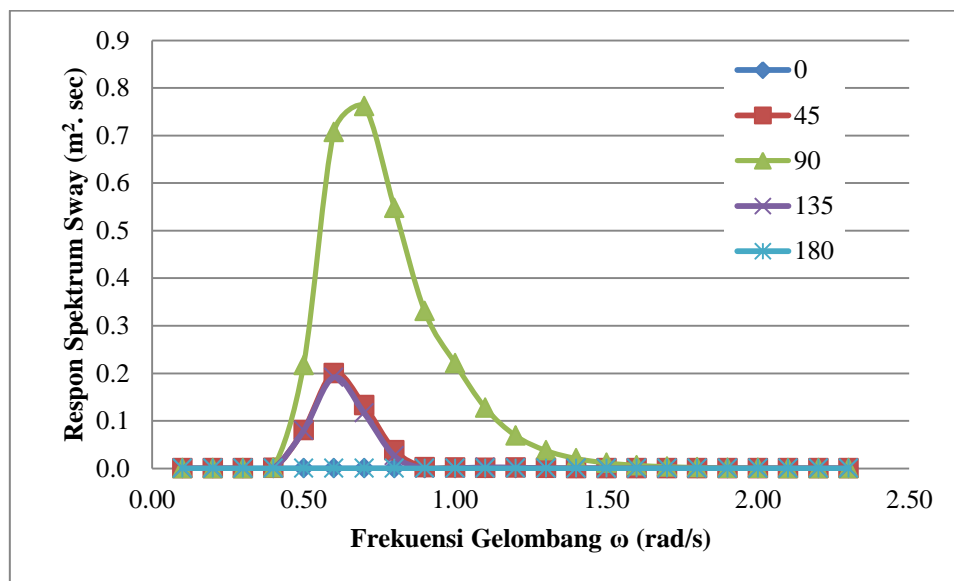
- Arah Selatan



Gambar 4.46 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



Gambar 4.47 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45°.

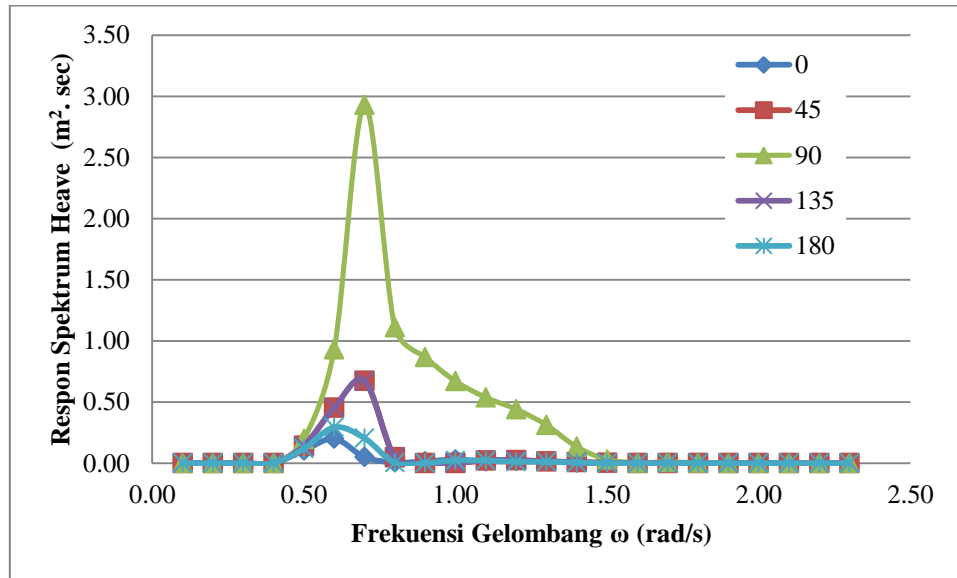


Gambar 4.48 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Sway arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

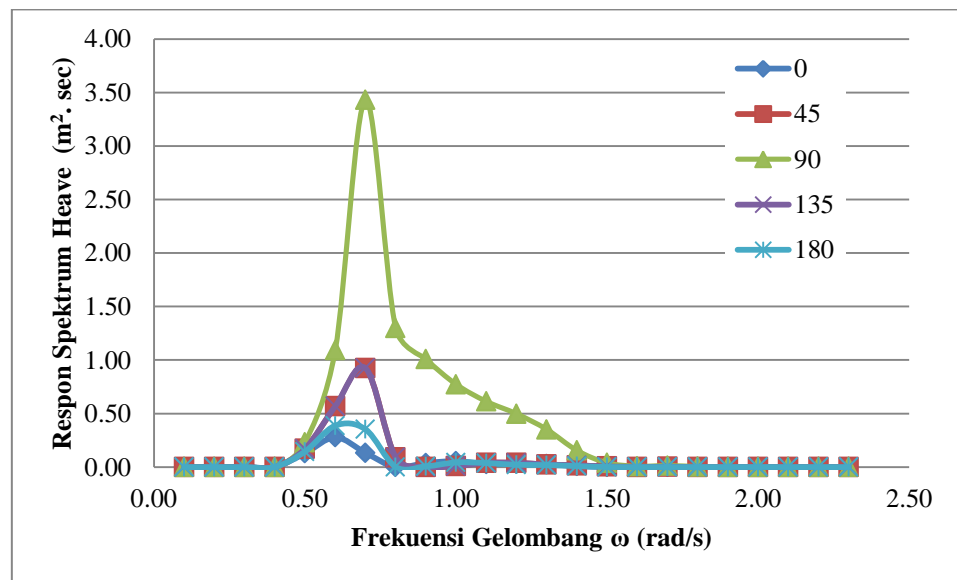
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *sway* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60°, dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah 0,56 m².sec terjadi pada frekuensi 0,7 rad/s, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah 0,67 m².sec pada frekuensi 0,7 rad/s. dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah 0,74 m².sec pada frekuensi 0,7 rad/s.

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Heave* Kondisi Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .

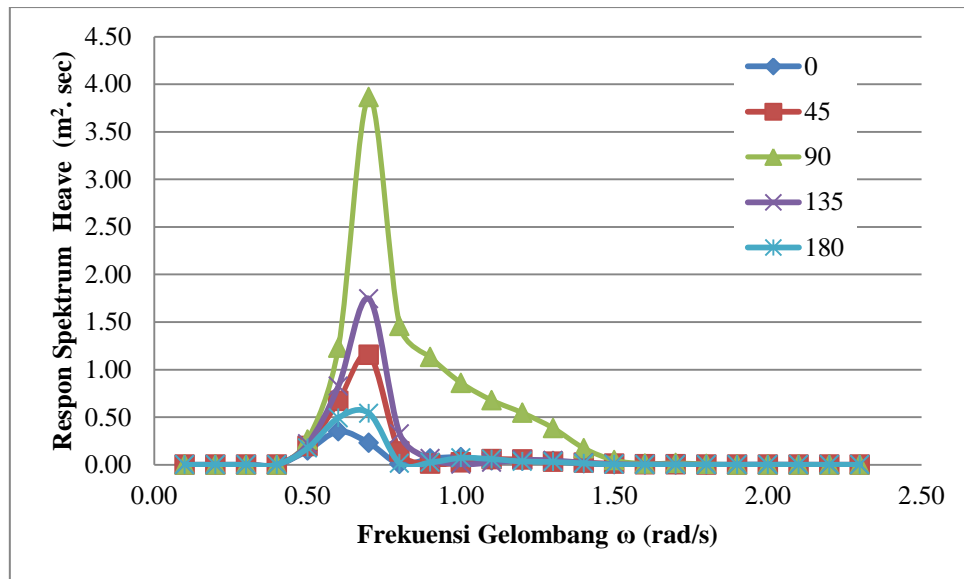
- Arah Barat Daya



Gambar 4.49 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



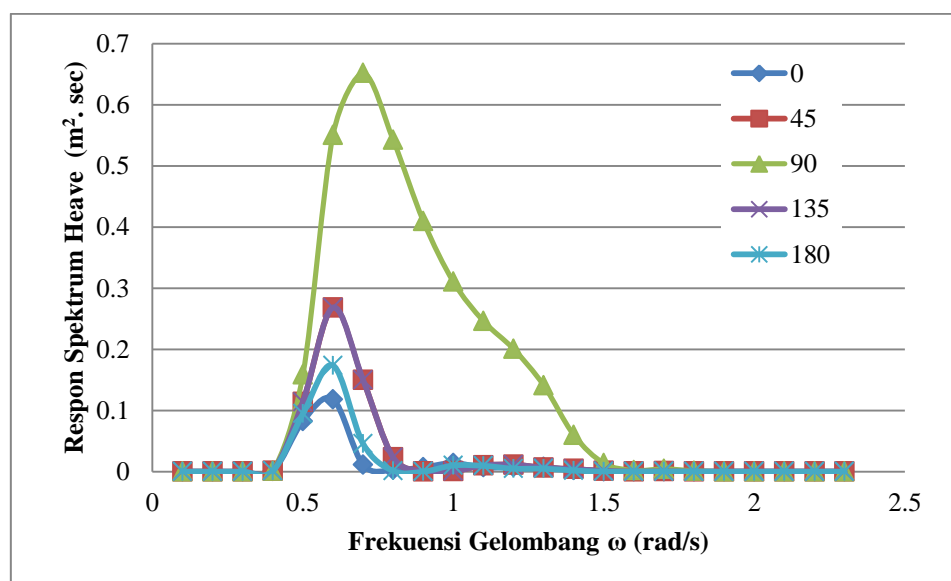
Gambar 4.50 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0



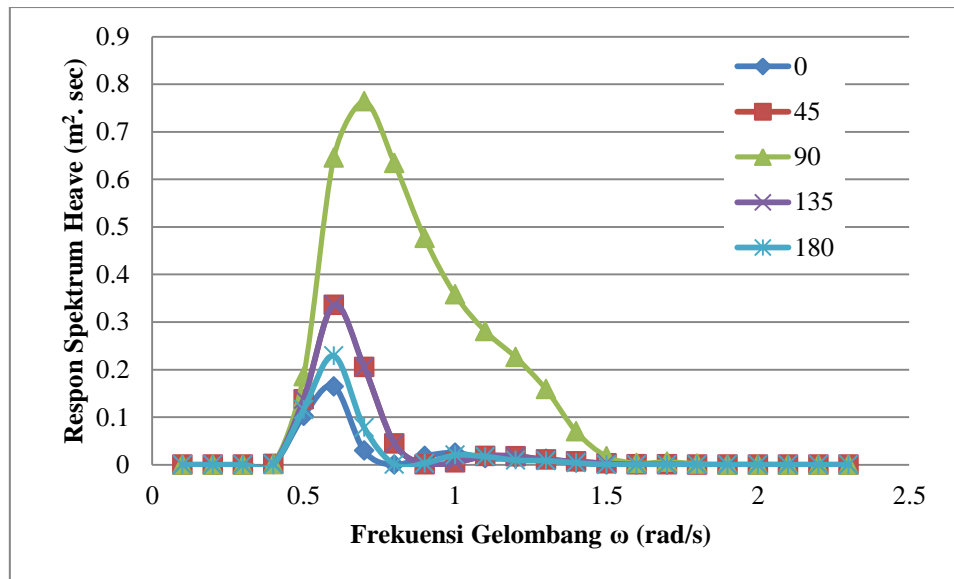
Gambar 4.51 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *heave* arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60° yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah $2,93 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s , sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah $3,43 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah $3,86 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

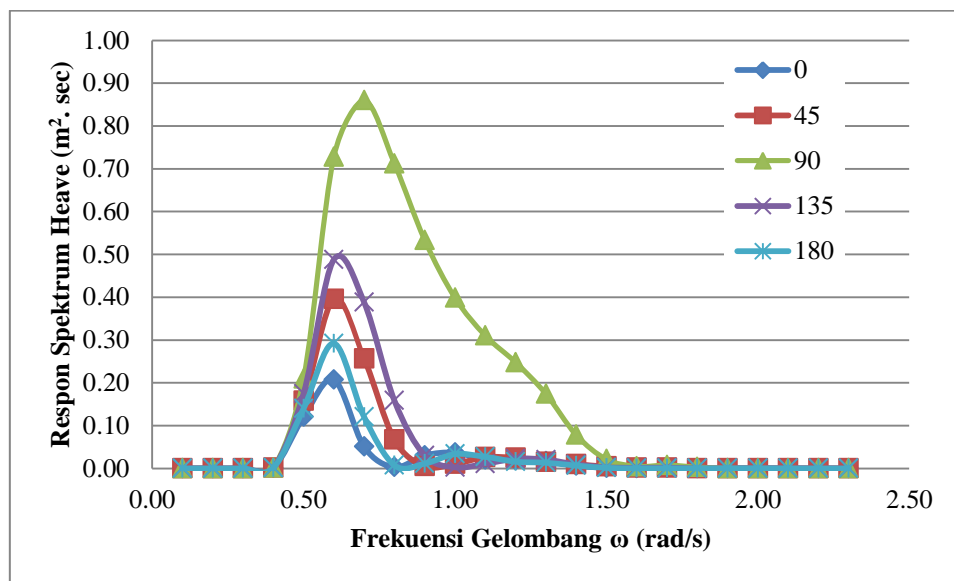
- Arah Selatan



Gambar 4.52 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30°



Gambar 4.53 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0 .

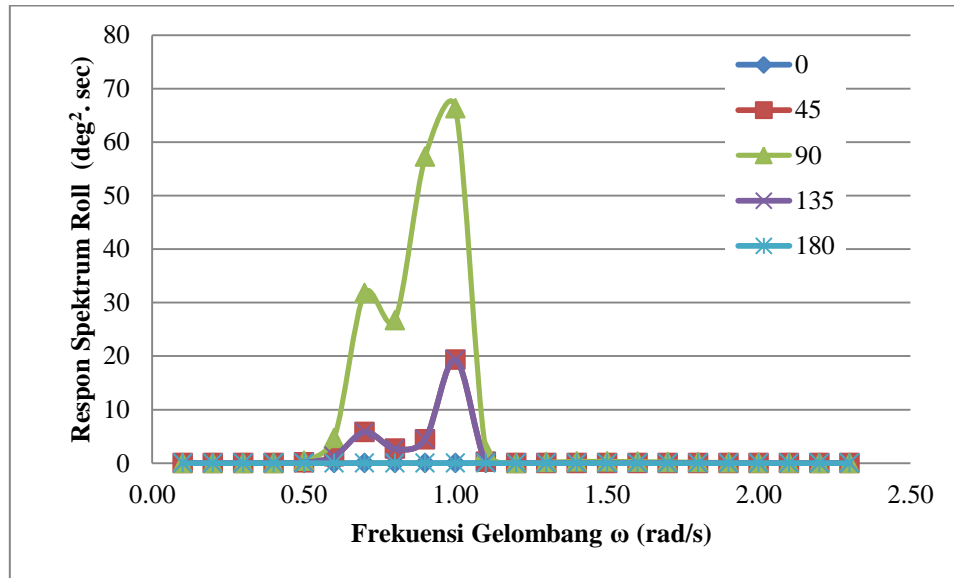


Gambar 4.54 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Heave* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

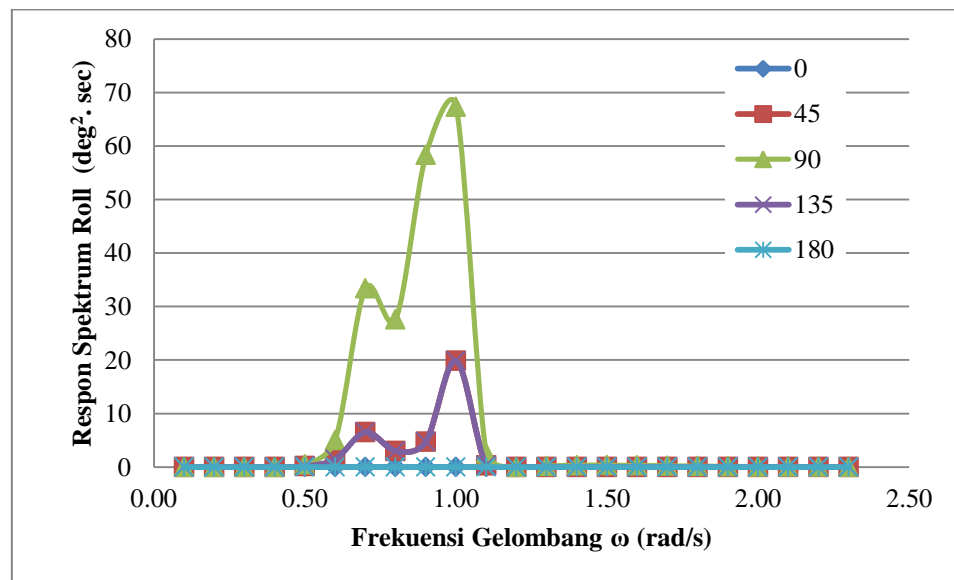
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *heave* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 30^0 lebih kecil dari pada sudut 45^0 dengan 60^0 , dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $0,65 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45^0 ialah $0,73 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $0,86 \text{ m}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Roll* Kondisi Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .

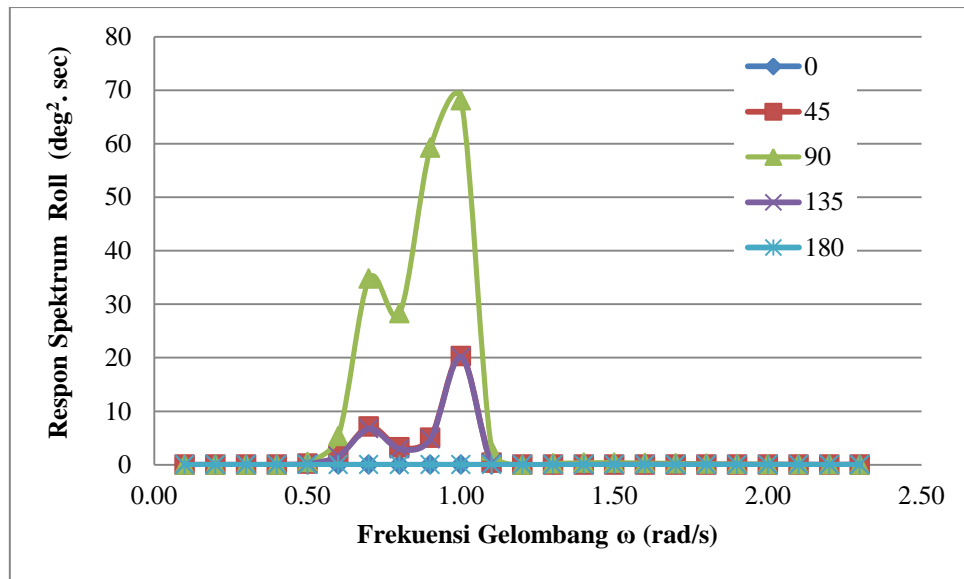
- Arah Barat Daya



Gambar 4.55 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



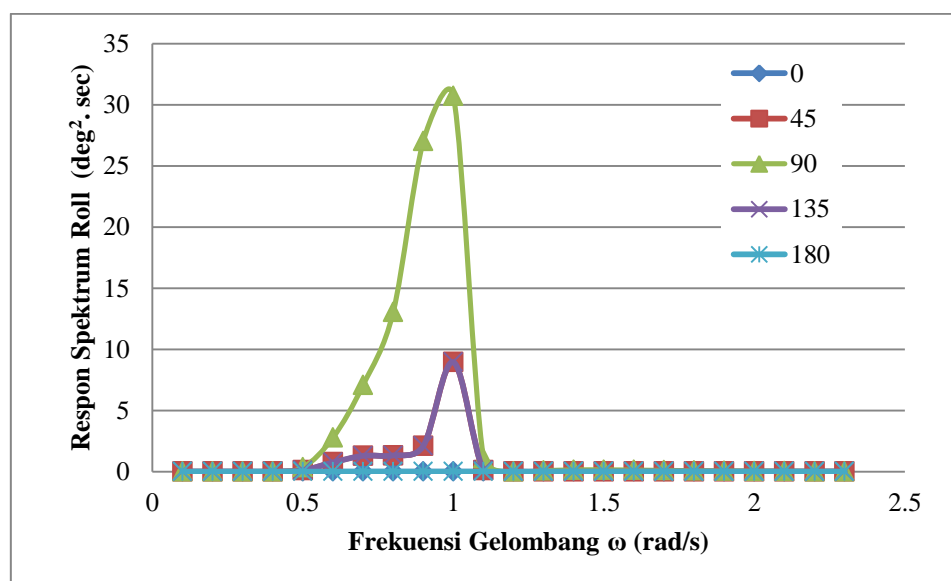
Gambar 4.56 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0



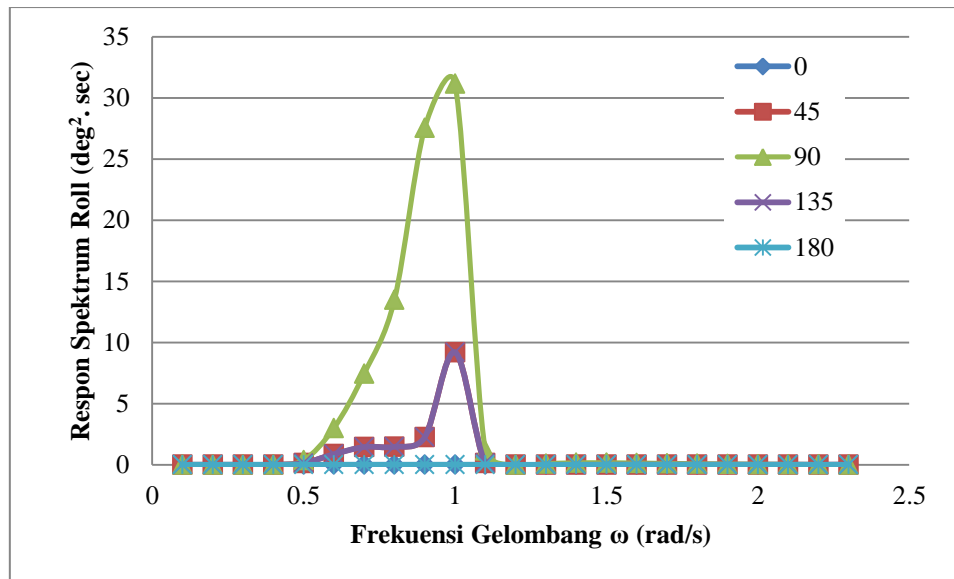
Gambar 4.57 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *Roll* arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60° yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah $66,3 \text{ deg}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi 1 rad/s , sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah $67,29 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi 1 rad/s . dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah $69,09 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi 1 rad/s .

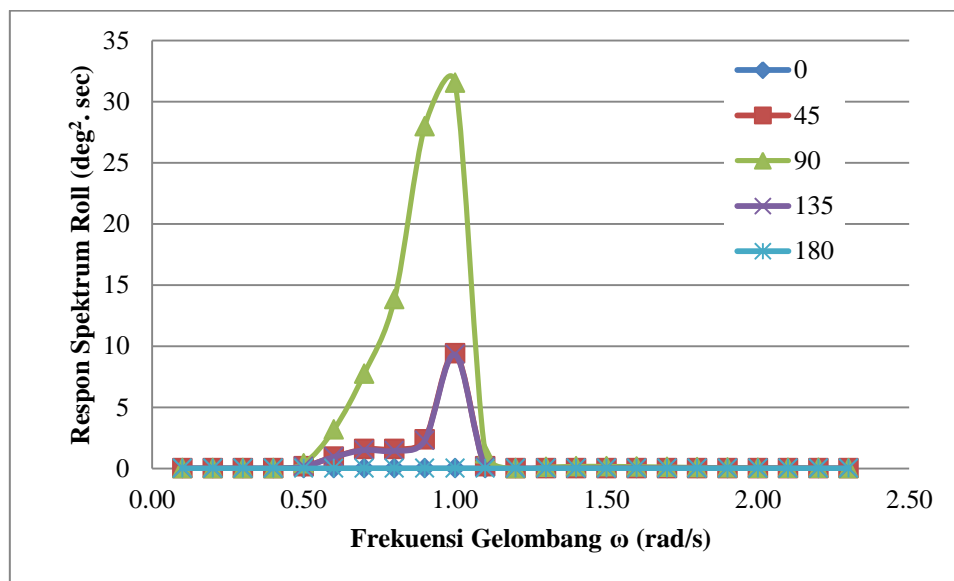
- Arah Selatan



Gambar 4.58 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30°



Gambar 4.59 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45° .

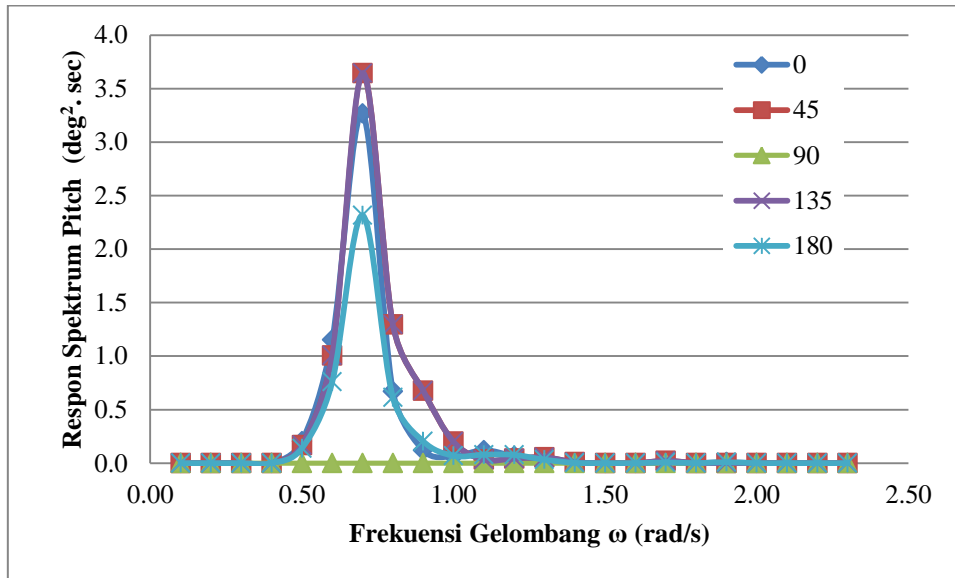


Gambar 4.60 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Roll* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

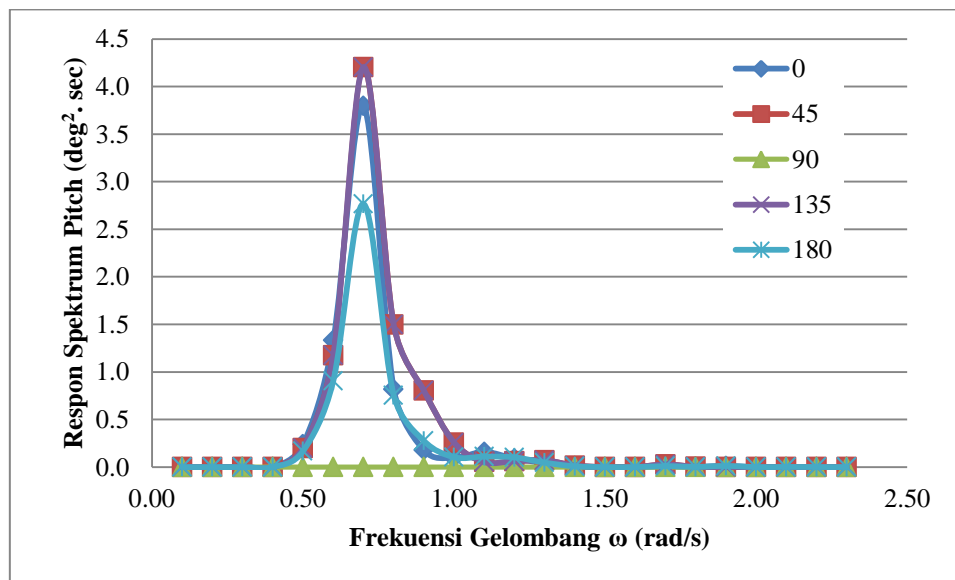
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *roll* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60° , dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah $30,7 \text{ deg}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi 1 rad/s , sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah $31,2 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi 1 rad/s . dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah $32,5 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi 1 rad/s .

Analisis Respon Spektrum Gerakan *Pitch* Kondisi Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .

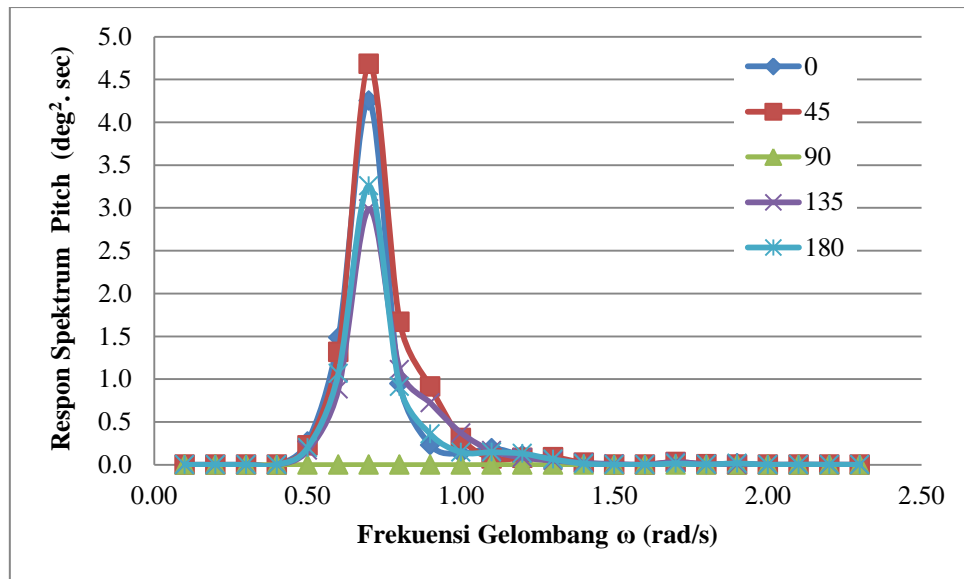
- Arah Barat Daya



Gambar 4.61 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



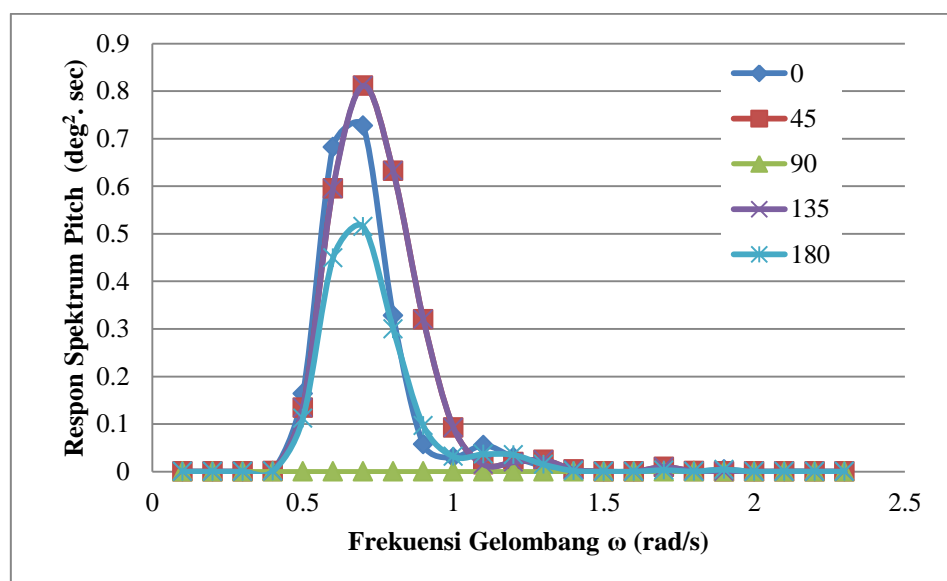
Gambar 4.62 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0



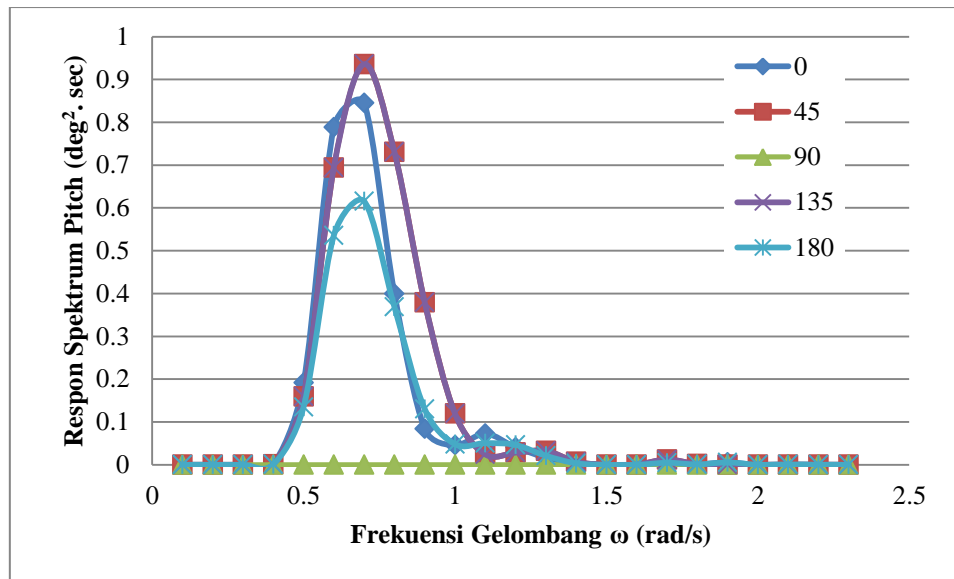
Gambar 4.63 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60°

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *Pitch* arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30° lebih kecil dari pada sudut 45° dengan 60° yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30° ialah $3,65 \text{ deg}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45° ialah $4,21 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60° ialah $4,68 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

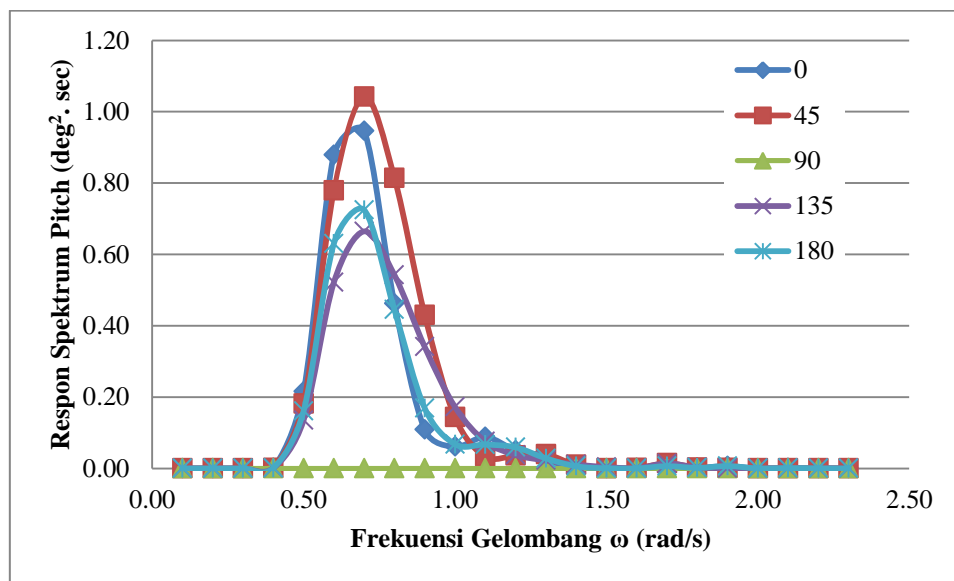
- Arah Selatan



Gambar 4.64 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30°



Gambar 4.65 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0 .

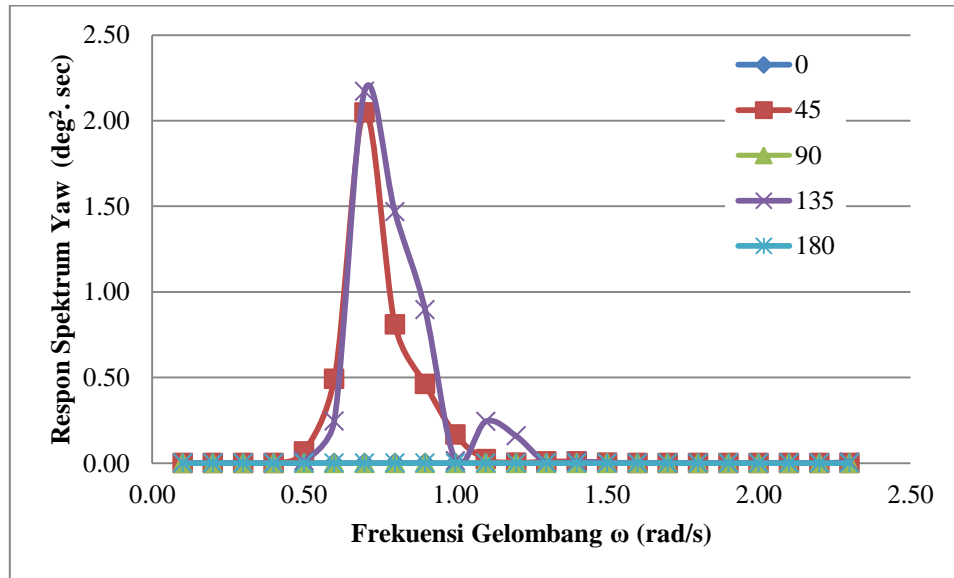


Gambar 4.66 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Pitch* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

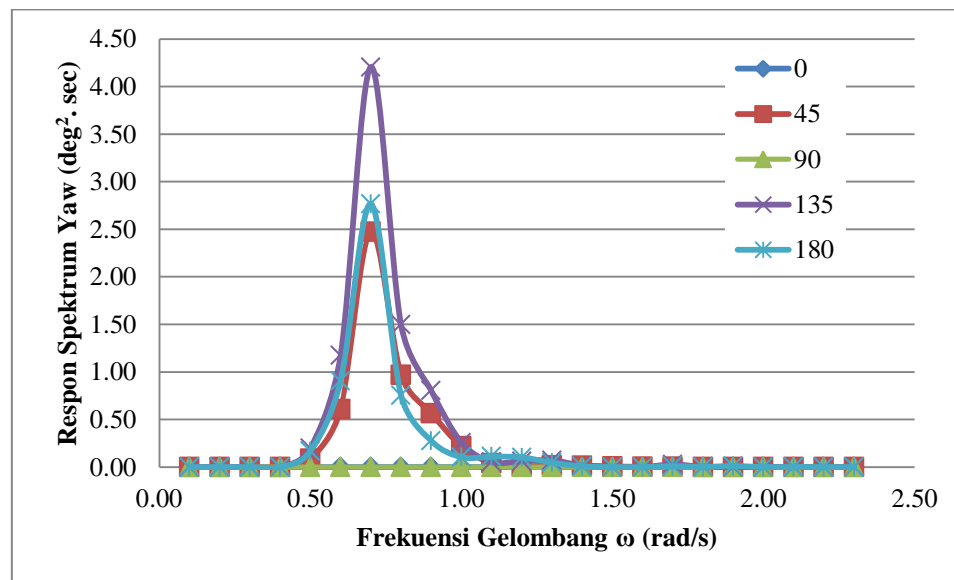
Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *Pitch* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 30^0 lebih kecil dari pada sudut 45^0 dengan 60^0 , dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $0,81 \text{ deg}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45^0 ialah $0,93 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $10,5 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

Analisis Respon Spektrum Gerakan Yaw Kondisi Tertambat Pada Arah Barat Daya dan Selatan Dengan Variasi kemiringan tali tambat 30^0 , 45^0 , dan 60^0 .

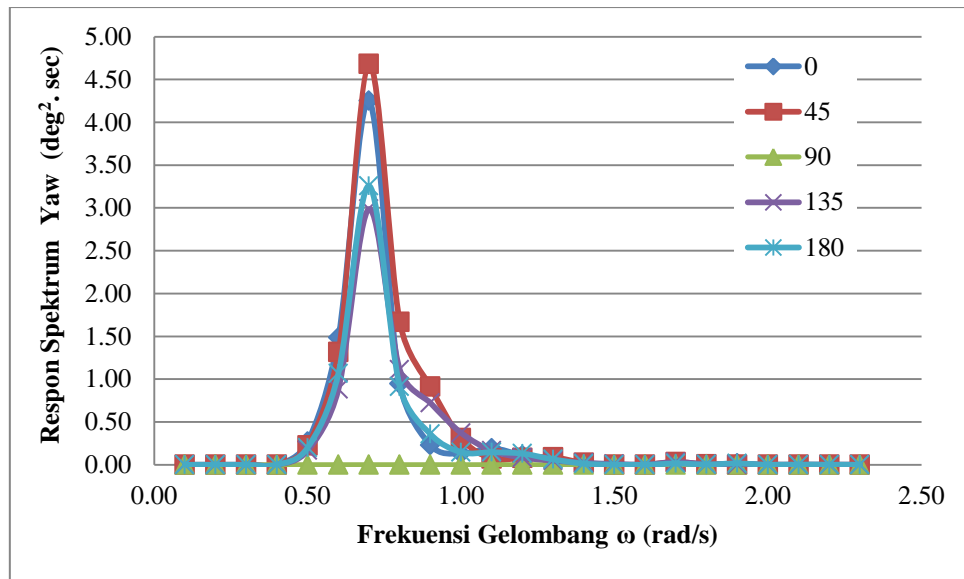
- Arah Barat Daya



Gambar 4.67 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Yaw arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



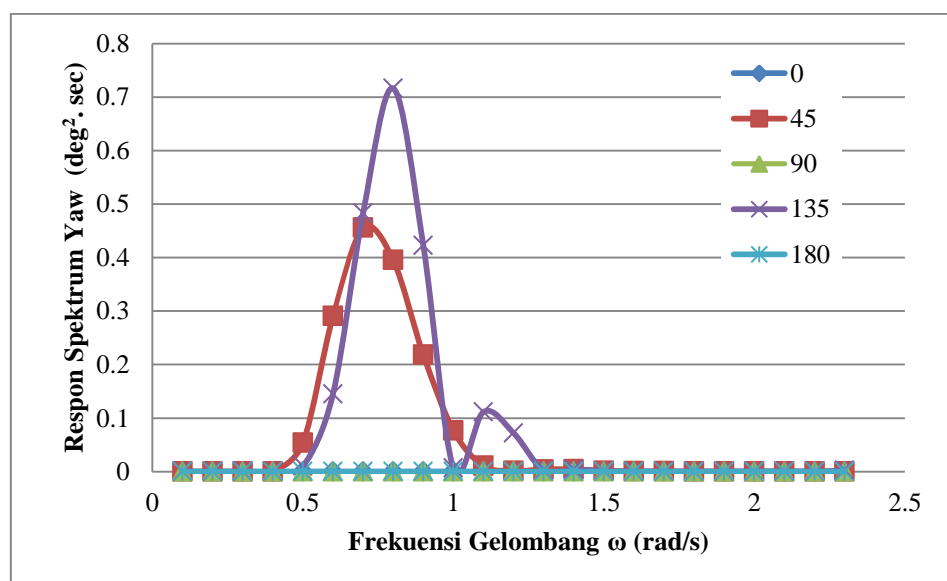
Gambar 4.68 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Yaw arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0



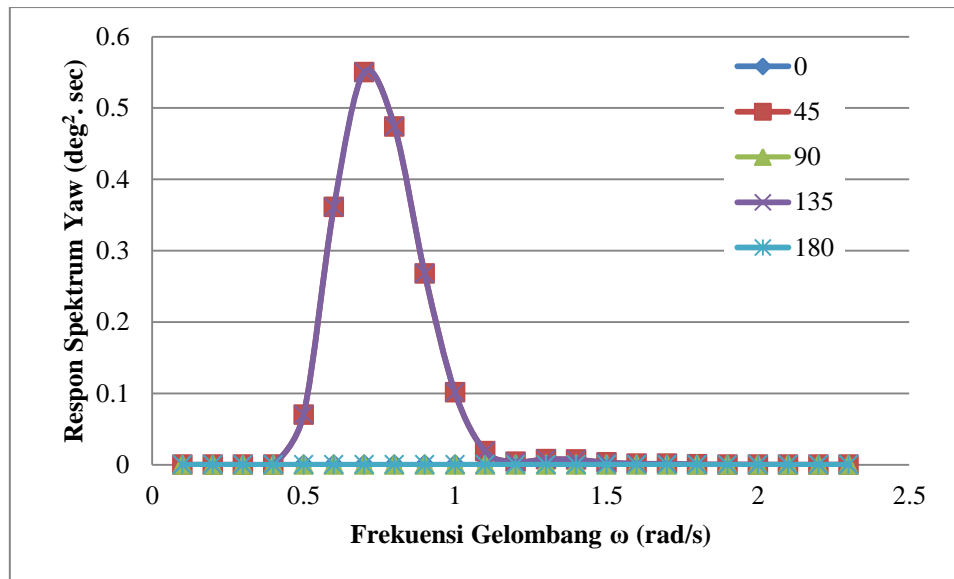
Gambar 4.69 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan Yaw arah Barat Daya Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *Yaw* arah barat daya dengan kemiringan tali tambat 30^0 lebih kecil dari pada sudut 45^0 dengan 60^0 yang artinya pergerakan bangunan lebih kecil dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $2,17 \text{ deg}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45^0 ialah $4,21 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $4,68 \text{ deg}^2.\text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.

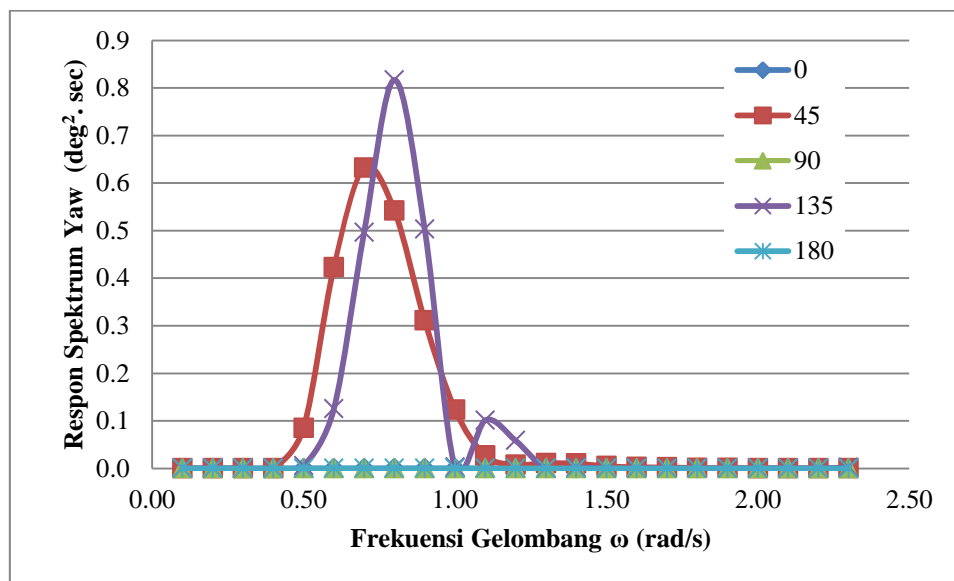
- Arah Selatan



Gambar 4.70 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Yaw* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 30^0



Gambar 4.71 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Yaw* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 45^0 .



Gambar 4.72 Respon Spektrum *Floating Breakwater* pada Gerakan *Yaw* arah Selatan Dengan Kemiringan Tali Tambat 60^0

Pada tiga grafik diatas dapat diketahui bahwa respon spektrum *floating breakwater* pada gerakan *Yaw* arah selatan dengan kemiringan tali tambat 45^0 lebih kecil dari pada sudut 30^0 dengan 60^0 , dengan respon spektrum maksimum pada tali 30^0 ialah $0,71 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,8 \text{ rad/s}$, sedangkan respon spektrum maksimum pada tali 45^0 ialah $0,55 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$. dan respon spektru maksimum pada tali 60^0 ialah $8,3 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ pada frekuensi $0,8 \text{ rad/s}$.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari pengerjaan Tugas Akhir “Analisis Gerak dan Tali Tambat Pada Perancangan Struktur *Floating Breakwater* di Daerah Nagan Raya, Aceh” ini dapat ditarik kesimpulan diantaranya :

1. Perkiraan tinggi gelombang H_s berdasarkan arah gelombang dominan :
 - Arah Barat Daya
 H_s pada kolam labuh sebesar 0,5 – 3 meter
 H_s pada depan *floating breakwater* sebesar 3 – 5 meter
 - Arah Selatan
 H_s pada kolam labuh sebesar 0,3 – 2,3 meter
 H_s pada depan *floating breakwater* sebesar 2,3 – 3,3 meter
2. Berdasarkan simulasi model MOSES untuk 6 gerakan untuk menghasilkan RAO dan dilanjutkan dengan menghitung manual respon spektrum pada arah barat daya dan selatan dihasilkan sebagai berikut :
 - Gerakan Surge,
karakteristik gerakan *surge* didominasi oleh arah 45^0 dan arah 135^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $0.663 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang keduanya terjadi pada frekuensi yang sama 0.7 rad/s
 - Gerakan Sway,
karakteristik gerakan *sway* didominasi oleh arah 90^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $3,97 \text{ m}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi 0.7 rad/s
 - Gerakan Heave,
karakteristik gerakan *heave* didominasi oleh arah 90^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $4,44 \text{ m}^2.\text{sec}$ terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.
 - Gerakan Roll,
karakteristik gerakan *roll* didominasi oleh arah 90^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $69,10 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi 1 rad/s .

- Gerakan Pitch
karakteristik gerakan *pitch* didominasi oleh arah 45^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $5,31 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.
 - Gerakan Yaw
karakteristik gerakan *yaw* didominasi oleh arah 135^0 dengan respon spektrum tertinggi sebesar $3,6 \text{ deg}^2.\text{sec}$ yang terjadi pada frekuensi $0,7 \text{ rad/s}$.
3. Pada analisis Tension dan offset di *software orcaflex* terdapat 4 tali tambat dan 3 variasi sudut pada pemodelan yaitu sudut 30^0 , 45^0 , 60^0 dengan arah datang gelombang dominan :
- Arah Barat Daya
 - a. Tali tambat dengan kemiringan 30^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $850,6 \text{ kN}$
 - b. Tali tambat dengan kemiringan 45^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $804,4 \text{ kN}$
 - c. Tali tambat dengan kemiringan 60^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $758,9 \text{ kN}$
 - Arah Selatan
 - a. Tali tambat dengan kemiringan 30^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $725,1 \text{ kN}$
 - b. Tali tambat dengan kemiringan 45^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $718,3 \text{ kN}$
 - c. Tali tambat dengan kemiringan 60^0 terdapat *maximum tension* pada *line 4* sebesar $707,3 \text{ kN}$

Untuk semua *tension* pada masing-masing *line* masih memenuhi *safety factor* mengacu pada API RP 2. Dari hasil tersebut didapatkan spesifikasi *mooring* dengan diameter 54 mm dengan nilai *breaking load* $1706,94 \text{ kN}$ dengan kemiringan tali tambat 30^0 .

5.2 Saran

Penulis memahami dalam tugas akhir ini banyak kekurangan yang menjadi perhatian. Oleh karena itu penelitian lebih lanjut dibutuhkan untuk membuat tugas akhir ini lebih bermanfaat. Saran dari penulis untuk kegiatan penelitian selanjutnya adalah :

1. Penelitian ini bisa dibandingkan dengan melakukan eksperimen *motion floating breakwater* dan kekauan *anchor*.
2. Penelitian selanjutnya redaman pada perancangan struktur *floating breakwater* perlu di amati.
3. Penelitian selanjutnya bisa mendesain sambungan antar *floating breakwater*.

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

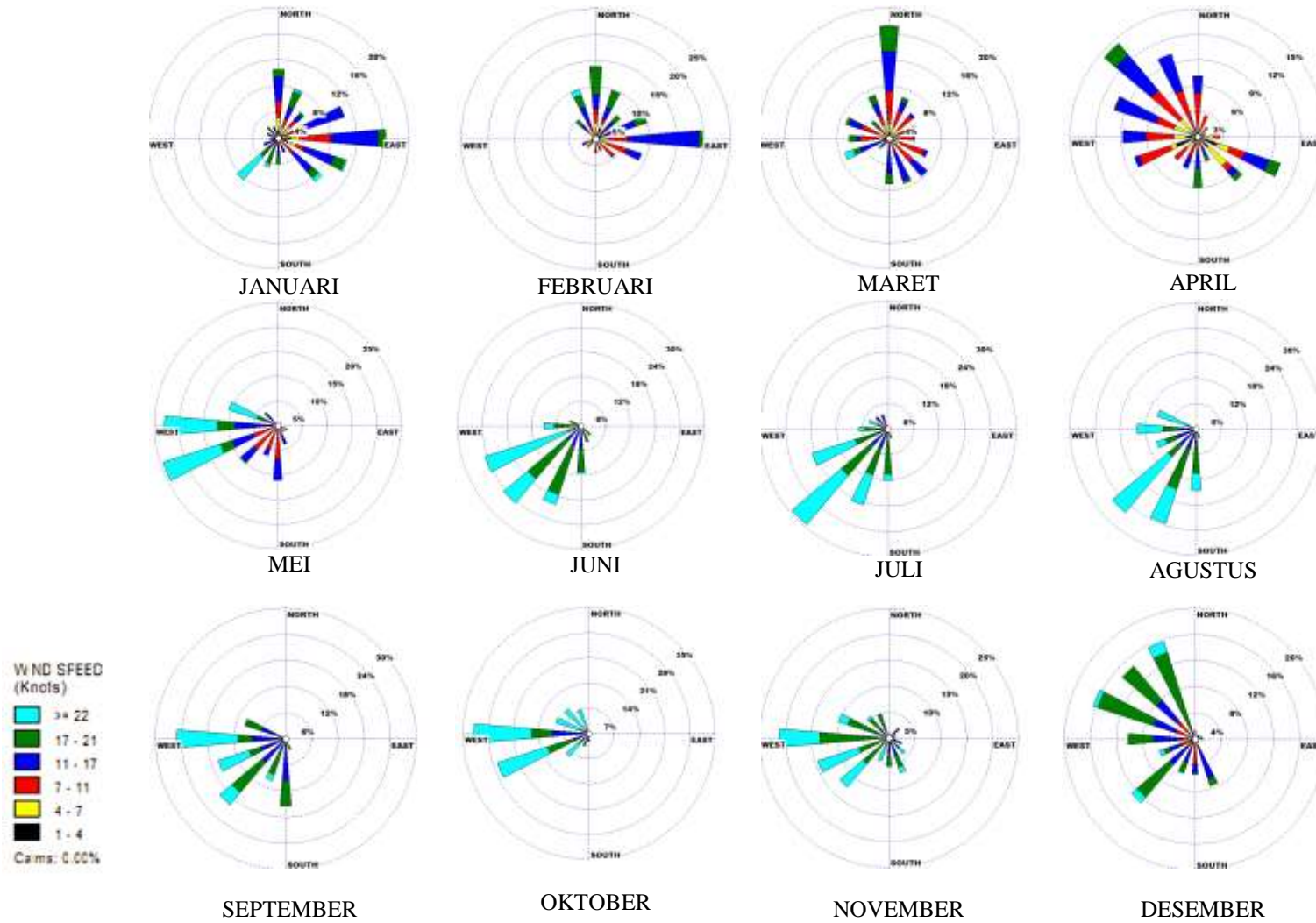
- American Petroleum Institute. (2005). *API RP 2SK Design and Analysis of Stationkeeping System for Floating Structure 3rd Edition*. Washington DC: API Publishing Service.
- Bhattacharyya, R. (1978). *Dynamic of Marine Vehicles*. New York: John Wiley & Sons Inc.
- Biesheuvel, A. C. (2013). *Effectiveness of Floating Breakwater*. Delft University of Technology, Civil Engineering and Geosciences.
- CERC. (1984). *Shore Protection Manual (SPM) (Vol. 1)*. Washington DC: US Army Corps of Engineers.
- Chakrabarti, S. (1987). *Hydrodynamics of Offshore Structures*. Berlin: Computational Mechanics Publications .
- Djarmiko, E. B. (2012). *Perilaku dan Operabilitas Bangunan Laut di Atas Gelombang Acak*. Surabaya: ITS PRESS.
- Djarmiko, E., & Sujantoko. (2003). *Investigasi Gelombang Laut Perairan Indonesia Untuk Kepentingan Strategis Nasional*. Jakarta: Departemen Kelautan dan Perikanan.
- DNV-OS-E301. (2013). *Position Mooring*. Norway.
- Dong, G. H. (2008). *Experiments on Wave Transmission Coefficient Of Floating Breakwater*.
- Faltinsen, O. (1990). *Sea Load on Ships and Offshore Structure*. United Kingdom: Cambridge University Press.
- Fousert, M. W. (2006). *Floating Breakwater: Theoretical study of a dynamic wave attenuating system*. Delft University of Technology, Civil Engineering and Geosciences.
- Hakiki, I., & Samskerta.I.P. (2016). *Aspek Desain Pemecah Gelombang Dan Dermaga Terapung Dengan Menggunakan Sistem Modular*.
- Hales, L. Z. (1981). *Floating Breakwater : State-of-the-Art Literature Review*. U.S. Army Coastal Engineering Research Center, Mississippi.
- Kamphuis, J. W. (2000). *Introduction to Coastal Engineering and Management*. Singapura: World Scientific.
- Manan, M. H. (2017). *Desain Tali Tambat pada Struktur Floating Breakwater dengan Konfigurasi Taut Mooring Sistem*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Ocean Engineering, Surabaya.
- Marine, B. (1998). *Marine Equipment Handbook*. Norway.

- McCartney, B. L., & Asce, M. (1985). *Floating Breakwater Design*. Coastal and Ocean Engineering. Journal of Waterway.
- Murdjito. (2011). *Mooring Design & Analysis*. Surabaya.
- OCIMF. (2010). *Estimating The Environmental Loads On Anchoring Systems*. London.
- Pratama, F. A. (2018). *Pemodelan Numerik Arus dan Gelombang Untuk Menentukan Lokasi Akupuntur di Teluk Prigi, Trenggalek*. Surabaya.
- Priadi, T. H. (1998). *Parameterasi Sistem Peredaman Energi Gelombang dengan Pemecah Gelombang Apung*. PAU Ilmu Teknik Universitas Gadjah Mada, Seminar Hidraulika dan Hidrologi Wilayah Pantai, Yogyakarta.
- Rochani, I. (2007). *Kajian NUmrik Perancangan Struktur Bangunan Peredam Gelombang Terapung*. FTK-ITS, Jurusan Teknik Kelautan.
- Saleh, A. H. (2010). *Mega Floating Concrete Bridges*. Delft University of Technology, Civil Engineering and Geosciences.
- Sujantoko. (2015). *Kajian Sedimentasi PLTU Nagan Raya*. Surabaya: PT. ITS Kemitraan.
- Triatmodjo, B. (1999). *Teknik Pantai*. Yogyakarta: BETA OFFSET.
- U.S Army Corp Engineering. (1984). *Shore Protection Manual Vol.1*. mississpi.

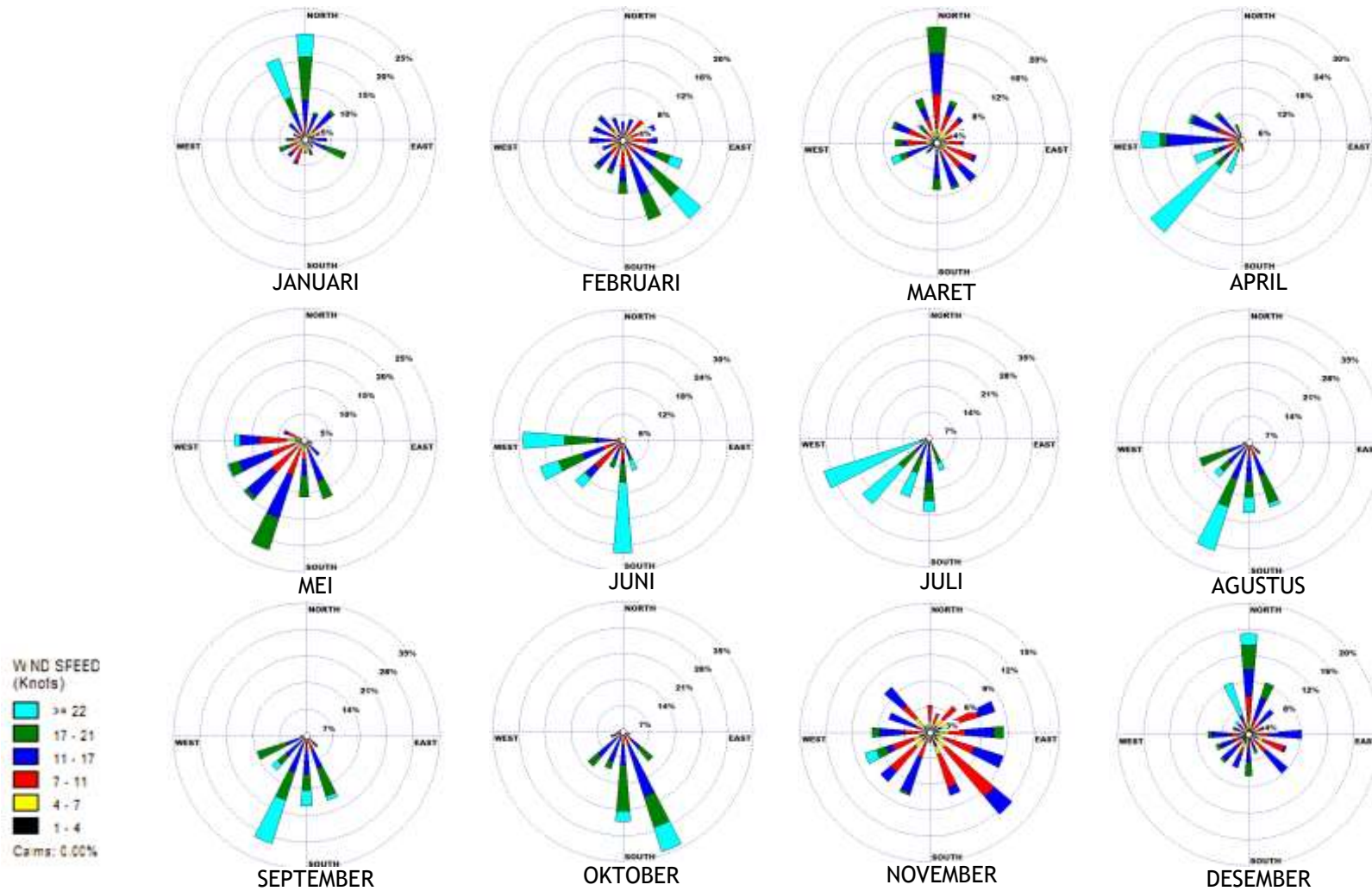
LAMPIRAN A

DIAGRAM MAWAR TIAP TAHUN

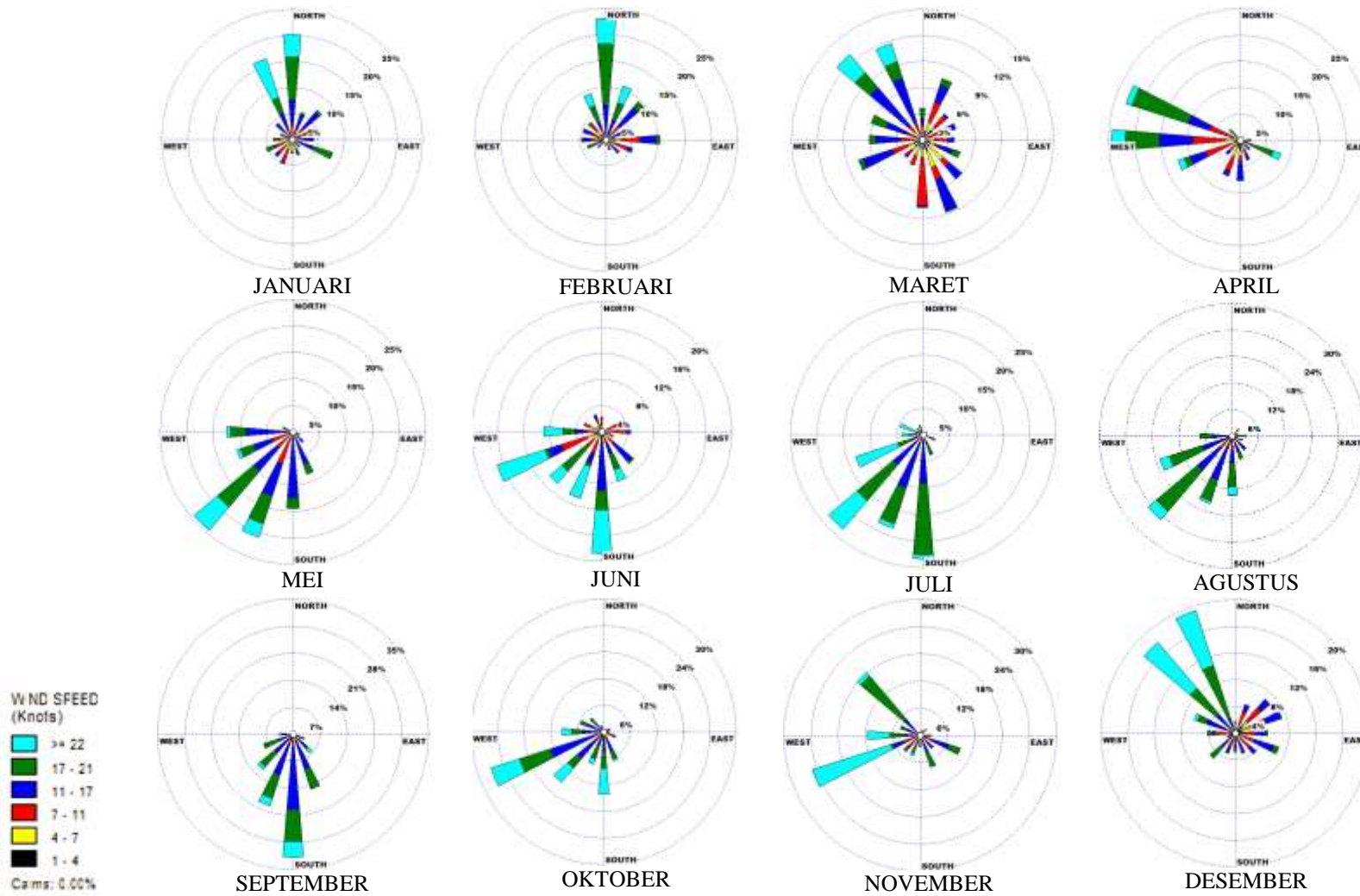
- Tahun 2005



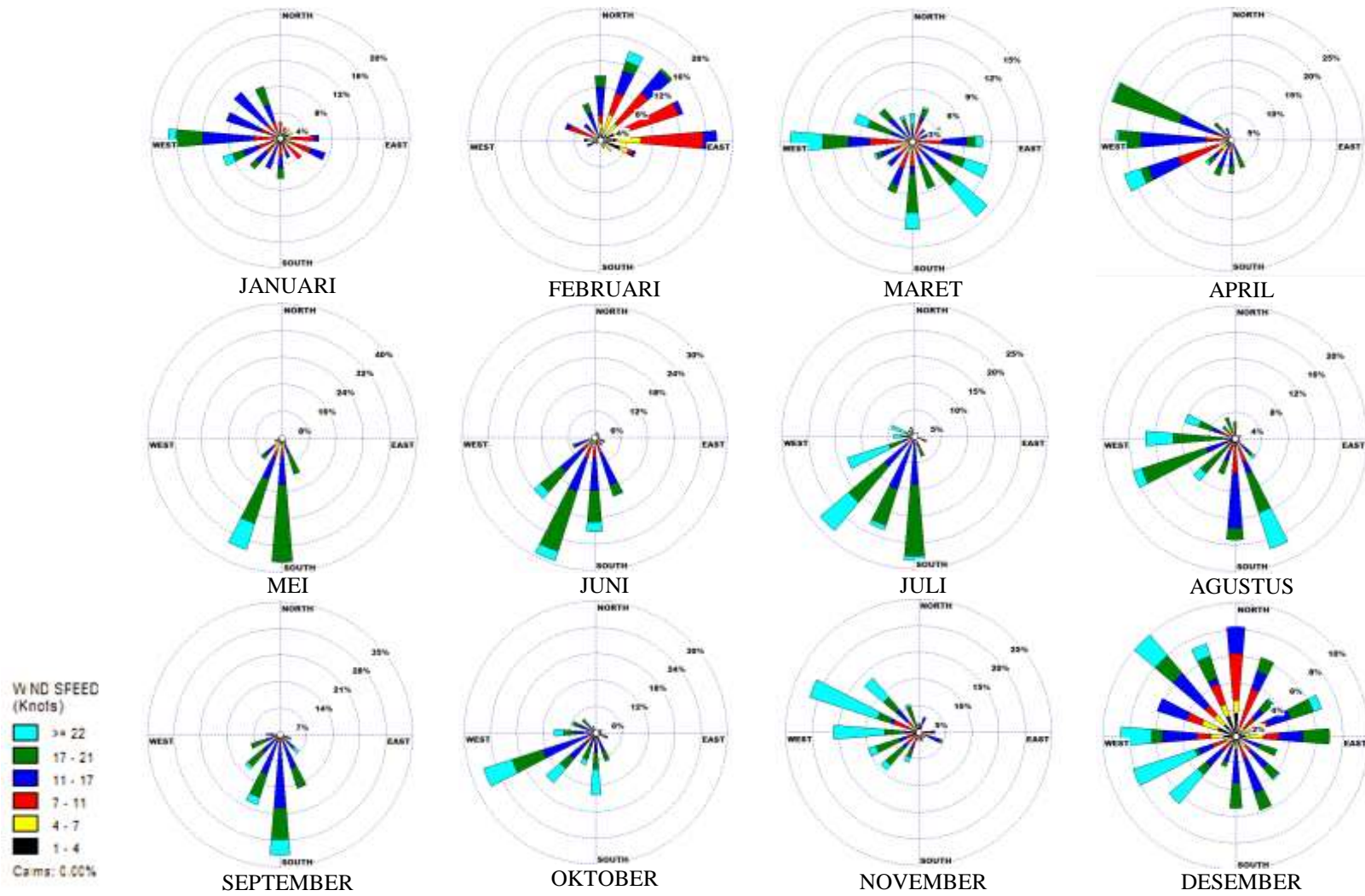
- Tahun 2006



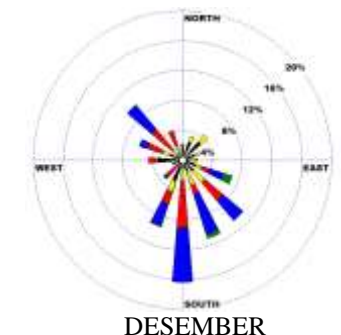
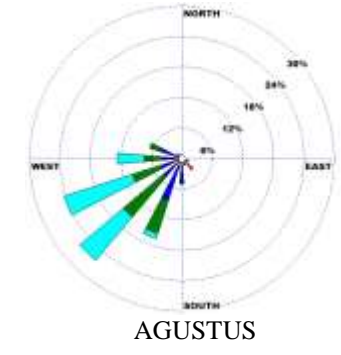
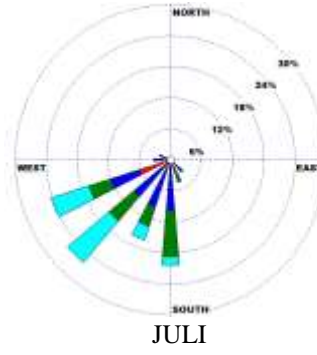
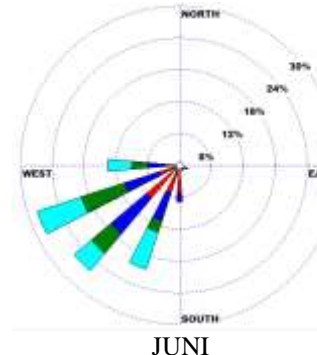
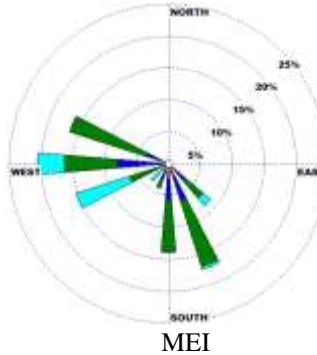
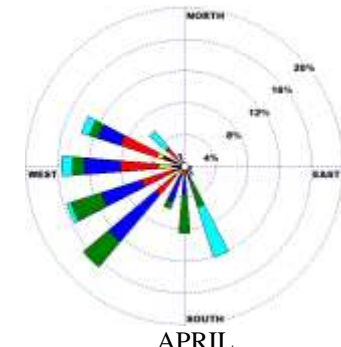
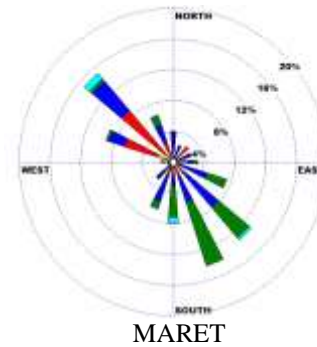
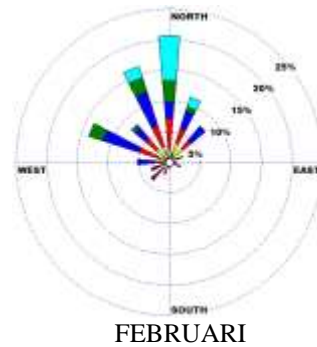
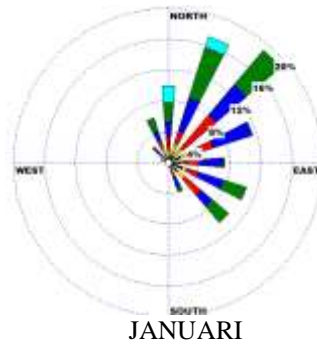
- Tahun 2007



- Tahun 2008



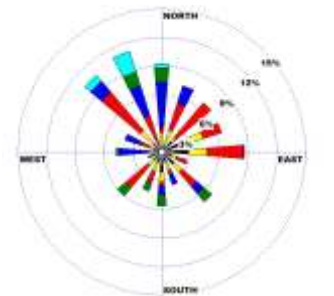
- Tahun 2009



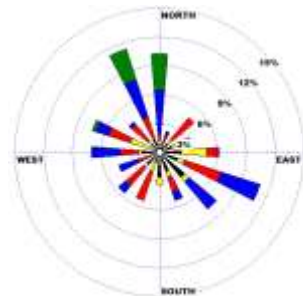
WIND SPEED
(Knots)

22 -
17 - 21
11 - 17
7 - 11
4 - 7
1 - 4
Calm: 0.00%

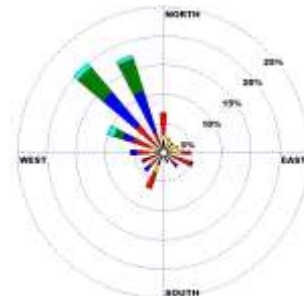
- Tahun 2012



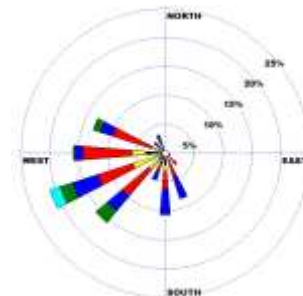
JANUARI



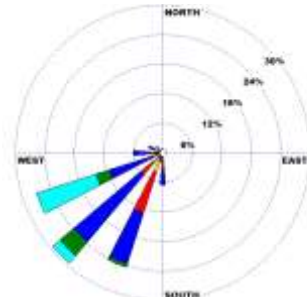
FEBRUARI



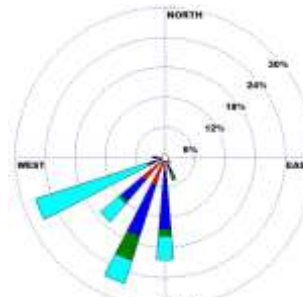
MARET



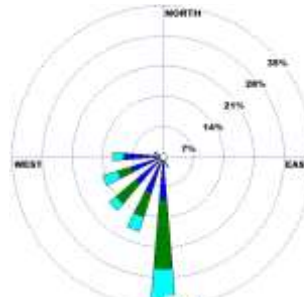
APRIL



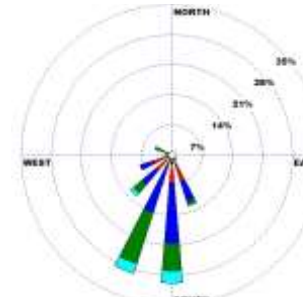
MEI



JUNI



JULI

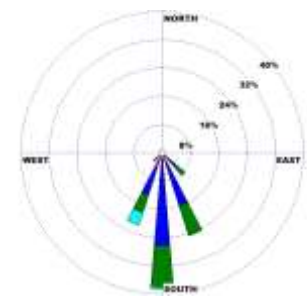


AGUSTUS

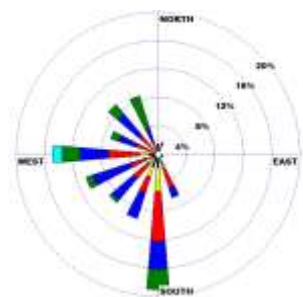
WIND SPEED
(Knots)

Cyan	≥ 22
Green	17 - 21
Blue	11 - 17
Red	7 - 11
Yellow	4 - 7
Black	1 - 4

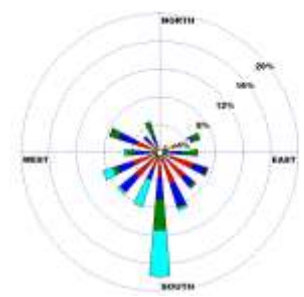
Calm: 0.00%



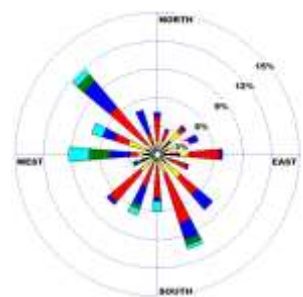
SEPTEMBER



OKTOBER

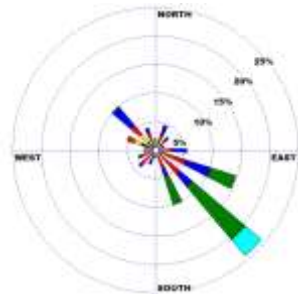


NOVEMBER

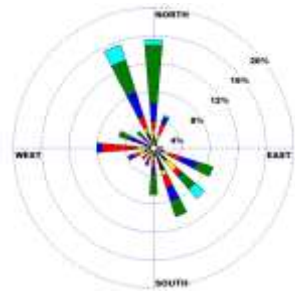


DESEMBER

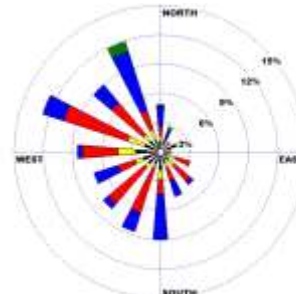
- Tahun 2013



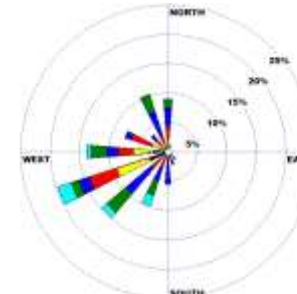
JANUARI



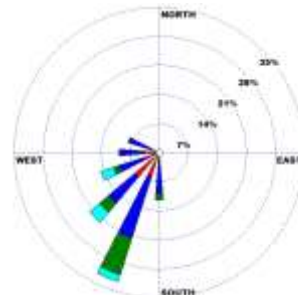
FEBRUARI



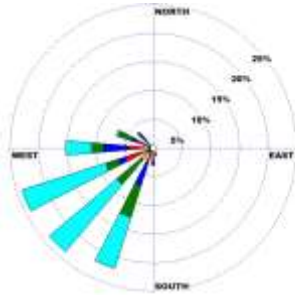
MARET



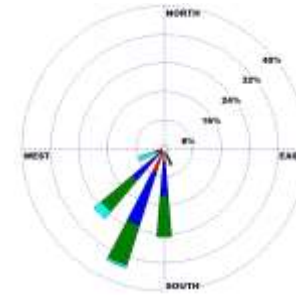
APRIL



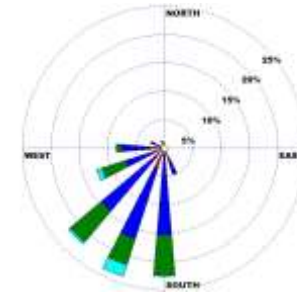
MEI



JUNI

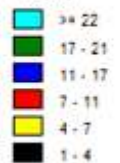


JULI

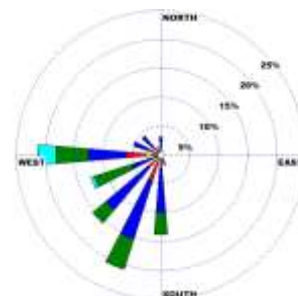


AGUSTUS

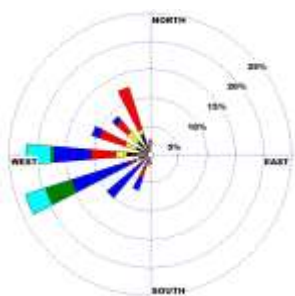
WIND SPEED
(Knots)



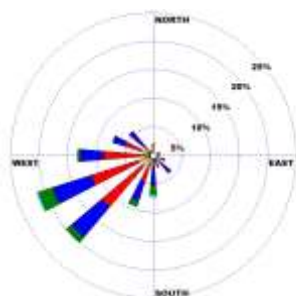
Calm: 0.00%



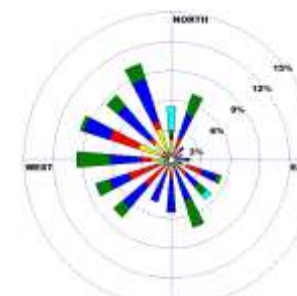
SEPTEMBER



OKTOBER

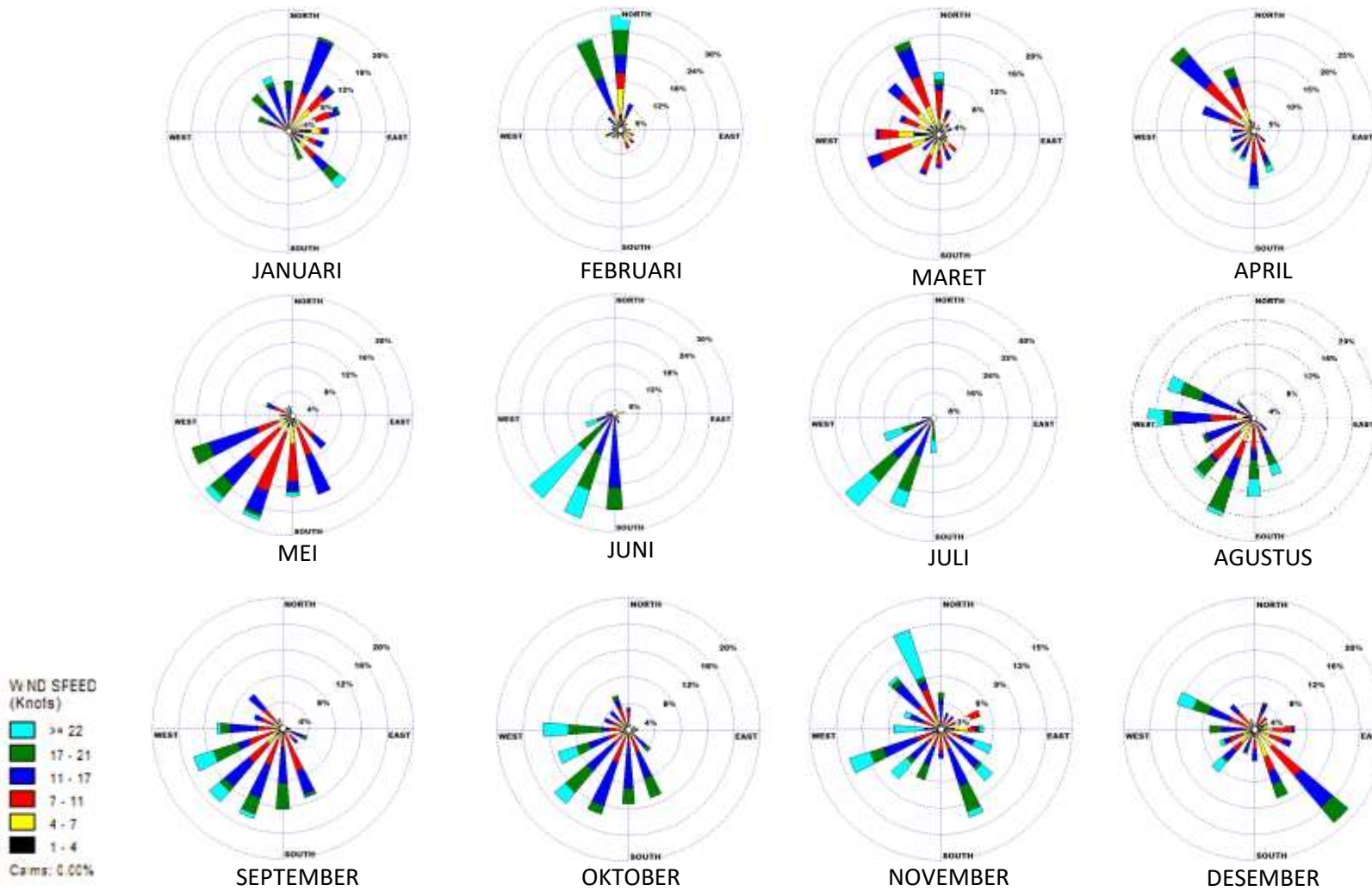


NOVEMBER



DESEMBER

- Tahun 2014



LAMPIRAN B

PERHITUNGAN KALA ULANG

BARAT DAYA									
N = 8		K = 8		a ₂ = 11.4		a ₁ = 2.24		e = 1.34	
N _T = 8		k = 2.00		c = 0.5		k = 0.54			
A^ = [(N x S4 - (S1 x S3))/((N x S5)-(S3 ²))]						H _r = H _{sm} (Avg) = S1/N			
= 1.2495						= 2.756			
B^ = H _{sm} (Avg) - (A^ x y _m (Avg))						y _m (Avg) = S3/N			
= 1.6482						= 0.887			
a = a ₁ x e ^{a₂ x N^ - 1.3 + k((-ln v)^0.5)}						v = N / N _T			
= 4.8072						= 1			
sH _s = [(1/N-1) x S(H _{sm} - H _r) ²] ^{1/2}						L = N _T / K			
= 0.6087						= 1			
n	H ₀ (m)	k	P	y _m	H _{sm} x y _m	y _m ²	(H _{sm} - H _r) ²	H [^] _{sm}	H _{sm} - H [^] _{sm}
1	3,780	2.00	0.9272	1.619	6.749	2.620	1.9987	3.670	0.500
2	3,220	2.00	0.8076	1.284	3.620	1.648	0.0041	3.252	-0.432
3	2.730	2.00	0.6880	1.079	2.946	1.165	0.0007	2.997	-0.267
4	2.730	2.00	0.5684	0.917	2.503	0.840	0.0007	2.794	-0.064
5	2.610	2.00	0.4488	0.772	2.015	0.596	0.0214	2.613	-0.003
6	2.420	2.00	0.3293	0.632	1.529	0.399	0.1131	2.438	-0.018
7	2.360	2.00	0.2097	0.485	1.145	0.235	0.1570	2.254	0.106
8	2.210	2.00	0.0901	0.307	0.679	0.094	0.2984	2.032	0.178
	22.050		4.0691	7.094	21.186	7.598	2.5940	22.050	0.000
S1		S2		S3	S4	S5	S6	S7	S8

T_r	y_r	H_{sr}	anr	ar	$H_{sr} - 1.28 \times s_r$	$H_{sr} + 1.28 \times s_r$
(tahun)	(tahun)	(m)			(m)	(m)
5	1.269	3.198	0.693	0.422	2.693	3.773
10	1.517	3.484	0.864	0.526	2.871	4.218
15	1.646	3.632	0.956	0.582	2.960	4.449
20	1.731	3.730	1.018	0.619	3.018	4.604
25	1.794	3.803	1.064	0.647	3.061	4.719
30	1.844	3.861	1.100	0.670	3.095	4.810
50	1.978	4.015	1.199	0.730	3.185	5.054
75	2.078	4.130	1.273	0.775	3.252	5.237
100	2.146	4.209	1.324	0.806	3.298	5.361

Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun = 3.803 M
 Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun = 4.015 M
 Didapat tinggi gelombang untuk 75 tahun = 4.130 M
 Didapat tinggi gelombang untuk 100 tahun = 4.209 M

SELATAN

$$\begin{array}{llllll}
 N = 8 & K = 8 & a_2 = 11.4 & a_1 = 2.24 & e = 1.34 \\
 N_T = 8 & k = 2.00 & c = 0.5 & k = 0.54 &
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 A^{\wedge} = [(N \times S_4 - (S_1 \times S_3))/((N \times S_5)-(S_3^2))] & H_r = H_{sm}(Avg) = S_1/N \\
 = 0.6056 & = 2.113
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 B^{\wedge} = H_{sm}(Avg) - (A^{\wedge} \times y_m(Avg)) & y_m(Avg) = S_3/N \\
 = 1.5755 & = 0.887
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 a = a_1 \times e^{a_2 \times N^{\wedge}-1.3 + k((- \ln v)^{0.5})} & v = N / N_T \\
 = 4.8072 & = 1
 \end{array}$$

$$\begin{array}{ll}
 sH_s = [(1/N-1) \times S(H_{sm} - H_r)^2]^{1/2} & L = N_T / K \\
 = 0.2711 & = 1
 \end{array}$$

n	H ₀ (m)	k	P	y _m	H _{sm} x y _m	y _m ²	(H _{sm} - H _r) ²	H [^] _{sm}	H _{sm} - H [^] _{sm}
1	2.660	2.00	0.9272	1.619	4.305	2.620	0.2998	2.556	0.104
2	2.230	2.00	0.8076	1.284	2.863	1.648	0.0138	2.353	-0.123
3	2.220	2.00	0.6880	1.079	2.396	1.165	0.0116	2.229	-0.009
4	2.160	2.00	0.5684	0.917	1.980	0.840	0.0023	2.131	0.029
5	2.010	2.00	0.4488	0.772	1.551	0.596	0.0105	2.043	-0.033
6	1.930	2.00	0.3293	0.632	1.220	0.399	0.0333	1.958	-0.028
7	1.850	2.00	0.2097	0.485	0.897	0.235	0.0689	1.869	-0.019
8	1.840	2.00	0.0901	0.307	0.565	0.094	0.0743	1.762	0.078
	16.900		4.0691	7.094	15.778	7.598	0.5144	16.900	0.000
S1		S2		S3	S4	S5	S6	S7	S8

T_r	y_r	H_{sr}	α_{nr}	α_r	$H_{sr} - 1.28 \times s_r$	$H_{sr} + 1.28 \times s_r$
(tahun)	(tahun)	(m)			(m)	(m)
5	1.269	2.344	0.693	0.188	2.103	2.584
10	1.517	2.494	0.864	0.234	2.194	2.794
15	1.646	2.572	0.956	0.259	2.240	2.904
20	1.731	2.624	1.018	0.276	2.271	2.977
25	1.794	2.662	1.064	0.288	2.293	3.031
30	1.844	2.692	1.100	0.298	2.310	3.074
50	1.978	2.773	1.199	0.325	2.357	3.189
75	2.078	2.834	1.273	0.345	2.392	3.276
100	2.146	2.875	1.324	0.359	2.416	3.334

Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun

= 2.662 M

Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun

= 2.773 M

Didapat tinggi gelombang untuk 75 tahun

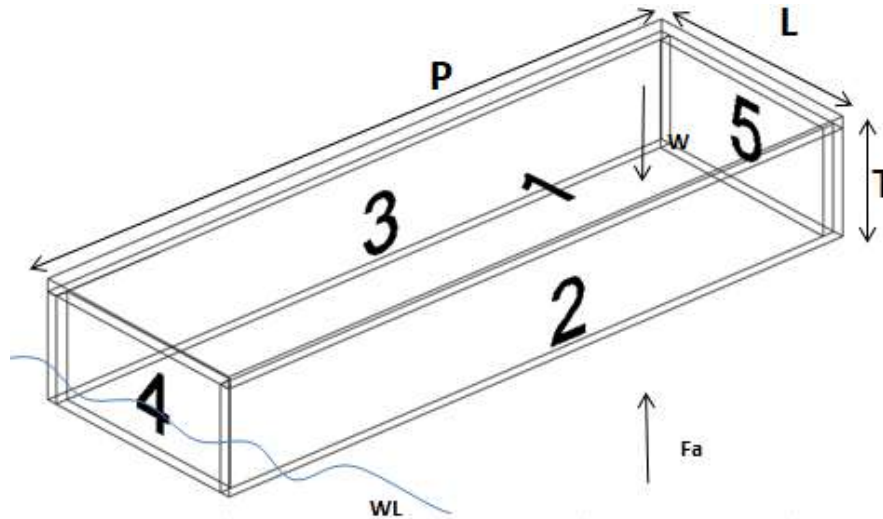
= 2.834 M

Didapat tinggi gelombang untuk 100

tahun = 2.875 M

LAMPIRAN C

PERHITUNGAN DRAFT DAN FREEBOARD BANGUNAN



$$\begin{aligned}
 w &= Fa \\
 M_{total} \times g &= \text{pair laut} \times g \times A \times d \\
 M_{total} &= \text{pair laut} \times A \times d \\
 (M_{floaton} + \text{Massa beton}) \times 4 &= (1025 \times A \times d) \times 4
 \end{aligned}$$

Diketahui :

Dimensi Beton : 30m x 10m, dengan tebal 0,3 m , massa jenis 2400 kg/m³

Dimensi Floatin : 0,5 m x 0,5 m x 0,4 m , dengan berat 7 kg/box

- Dengan T (tinggi) = 4,5 meter

1	Floaton (0,5 m x 0,5 x 0,4 m)	=			
	7308 x ((T-t)/0.4)	=	76745	kg	1044 unit
					7308 kg
2	Beton 1	(2400 x 30 x 10 x 0,3)			
	(ρbeton x V)	=	216000	kg	
3	Beton 2 dan 3				
	(ρbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 30 x 0,3 x (T-t))
	(ρbeton x A x (T - t)	=	181440	kg	
4	Beton 4 dan 5				
	(ρbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 9,4 x 0,3 x (T-t))
	(ρbeton x A x (T - t)	=	56851,2	kg	
	Jumlah		531035,70	kg	

531035,70	=	(307500 x d)	
531035,70	=	(307500 x (T-fb))	
531035,70	=	(1383750 - 307500 fb)	
Fb	=	2,8	Meter
D	=	1,7	Meter

- Dengan T (tinggi) = 5,5 meter**

1	Floaton (0,5 m x 0,5 x 0,4 m)	=			
	7308 x ((T-t)/0,4)	=	95004	kg	1044 unit
					7308 kg
2	Beton 1 (pbeton x V)	=	(2400 x 30 x 10 x 0,3) 216000	kg	
3	Beton 2 dan 3 (pbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 30 x 0,3 x (T -t))
	(pbeton x A x (T - t)	=	224640	kg	
4	Beton 4 dan 5 (pbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 9,4 x 0,3 x (T-t))
	(pbeton x A x (T - t)		70387,2	kg	
	Jumlah		606031,20	kg	

606044,20	=	(307500 x d)	
606044,20	=	(307500 x (T -fb))	
606044,20	=	(1691250 - 307500 fb)	
Fb	=	3,5	Meter
D	=	2,0	Meter

- Dengan T (tinggi) = 6,5 meter**

1	Floaton (0,5 m x 0,5 x 0,4 m)	=			
	7308 x ((T-t)/0.4)	=	113290	kg	1044 unit
					7308 kg
2	Beton 1 (pbeton x V)	=	(2400 x 30 x 10 x 0,3) 216000	kg	
3	Beton 2 dan 3 (pbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 30 x 0,3 x (T-t))
	(pbeton x A x (T - t)	=	267840	kg	
4	Beton 4 dan 5 (pbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 9,4 x 0,3 x (T-t))
	(pbeton x A x (T - t)		83923,2	kg	
	Jumlah		681052,70	kg	

681052,70	=	(307500 x d)	
681052,70	=	(307500 x (T-fb))	
681052,70	=	(1998750 - 307500 fb)	
Fb	=	4,3	meter
D	=	2,2	meter

• Dengan T (tinggi) = 7,5 meter

1	Floaton (0,5 m x 0,5 x 0,4 m)	=			
	7308 x ((H-t)/0.4)	=	131562	kg	1044 unit
					7308 kg
2	Beton 1	(2400 x 30 x 10 x 0,3)			
	(ρbeton x V)	=	216000	kg	
3	Beton 2 dan 3				
	(ρbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 30 x 0,3 x (H-t))
	(ρbeton x A x (H - t)	=	311040	kg	
4	Beton 4 dan 5				
	(ρbeton x V)	=	(2400 x V)	=	(2400 x 9,4 x 0,3 x (H-t))
	(ρbeton x A x (H - t)		97459,2	kg	
	Jumlah		756061,20	kg	

756061,20	=	(307500 x d)	
756061,20	=	(307500 x (T-fb))	
756061,20	=	(2306250 - 307500 fb)	
Fb	=	5,0	Meter
D	=	2,5	Meter

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

LAMPIRAN D

PERHITUNGAN BEBAN LINGKUNGAN

Floating Breakwater Particulars	Symbol	Unit	Value	Notes
Length	L	m	120	Panjang
Beam	B	m	10	Lebar
Draught	T	m	2.3	Sarat
Windage Area	AT	m ²	384	Luas Kapal Yang Terkena Angin
Deadweight	DWT	t	2705,29	

A. Wind Force Estimation	Symbol	Unit	Equation	Values	Notes
A1. Wind Speed	vw	m/s		17.4	
A2. Wind Direction	θw	deg		90	Relative to 0 degrees at stern-see Fig.1
A3. Measuring Height	h	m		10	Relative to elevation above water surface
A4. Wind Speed Correction For Measuring Height	Vw		$V_w = v_w \left(\frac{10}{h} \right)^{1/7}$	17.4	
A5. Determine Wind Drag Coefficient For Direction As Per A2	Cxw			0.0050	Use Figure B1 for tankers and Figure B2 for LNG vessels
A6. Calculate Wind Force (longitudinal)	Fxw	N	$F_{xw} = \frac{1}{2} C_{xw} \rho_w V_w^2 A_T$	372.031	Substitute values from A1,A4, A5 $\rho_w = 1.28 \text{ kg/m}^3$
A7. Convert to Tonnes			$F_{xw} / 10,000$	37.9237	

B. Current Force Estimation	Symbol	Unit	Equation	Values	Notes
B1. Current Speed	vc	m/s		1.4	
B2. Current Direction	Θc	deg		90	Relative to 0 degrees at stern, see Fig.1
B3. Water Depth	WD	m		9	
B4. Depth:Draught ratio			WD/T	4.5	
B5. Compute Average Current Velocity	Vc		$K \times v_c = V_c$	1.414	Use Figure B9 to obtain 'K'
B6. Determine Current Drag Coefficient For Direction as Per B2 and WD/T Ratio As Per B4	Cxc			0.001	Use Figures B3 - B8
B7. Calculate Current Force (longitudinal),	Fxc	kN	$F_{xc} = \frac{1}{2} C_{xc} \rho_c V_c^2 L_{BP} T$	245.926	Note calculation uses LBP x T pc = 1025 kg/m3
B8. Convert to tonnes	Fxc	ton	$F_{xc}/10,000$	25.0689	

C. Wave Drift Force Estimation	Symbol	Unit	Equation	Values	Notes
C1. Estimate Significant Wave Height		m		4.2	
C2. Estimate Mean Wave Period		s		9	
C3. Select Appropriate Plot				B12	Use Figures B10 - B17. Data for intermediate ship sizes may be obtained through interpolation.
C4. Read Off Wave Drift Force		ton		15	Dari Grafik B12

D. Total Environmental Loads On Vessel (t) A7 + B8 + C4

77.9926 ton

Mooring Equipment

Total Loads x SF (SF = 2 or 3)

$$\begin{aligned}
 78 \times 2 &= 156 \text{ ton} \\
 &= 1528,65 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

Selanjutnya menentukan diameter yang sesuai berdasarkan katalog barmoral marine, dengan diameter 54 mm dan *breaking load* 1704,96 kN

LAMPIRAN E

KATALOG TALI TAMBAT (BALMORAL MARINE)

ROPE SPECIFICATIONS

6 X 19 AND 6 X 37 CONSTRUCTION GROUPS WITH FIBRE OR STEEL CORE

Typical Construction

6 x 19 Group

6 x 19 (9/9/1)

6 x 19 12/6 + F/1

6 x 26 (10/5 and 5/5/1)

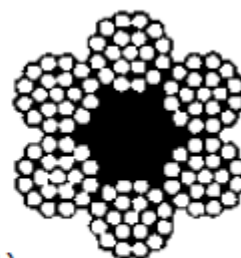
6 x 31 (12/6 and 6/6/1)

6 x 37 Group

6 x 36 (14/7 and 7/7/1)

6 x 41 (16/8 and 8/8/1)

6 x 49 (16/8 and 8/8/8/1)



Nominal Diameter mm	Approx Equivalent Diameter ins	Fibre Core		IWRC	
		Approx Mass kg/100m	Min Breaking Load at 1770N/mm² (180kgf/mm²) tonnes	Mass kg/100m	Min Breaking Load at 1770N/mm² (180kgf/mm²) tonnes
9	3/8	29.2	4.82	32.2	5.20
10	3/8	36.1	5.95	39.8	6.42
11	7/16	43.7	7.21	48.2	7.77
12	7/16	52.0	8.57	57.3	9.25
13	1/2	61.0	10.1	67.3	10.8
14	9/16	70.8	11.6	78.0	12.6
16	5/8	92.4	15.3	102	16.4
18	11/16	117	19.3	129	20.8
19	3/4	130	21.5	144	23.1
20	13/16	144	23.9	159	25.7
22	7/8	175	28.8	193	31.1
24	15/16	208	34.3	229	37.0
26	1	244	40.3	269	43.4
28	1 1/8	283	46.7	312	50.4
32	1 1/4	370	61.0	408	65.7
35	1 3/8	442	73.0	488	78.7
36	1 3/8	468	77.2	516	83.3
38	1 1/2	521	85.9	575	92.8
40	1 5/8	578	95.3	637	103
44	1 3/4	699	115	771	124
48	1 7/8	832	137	917	148
52	2	976	161	1076	174
54	2 1/8	1053	174	1161	187
56	2 1/4	1132	187	1248	201
60	2 3/8	1300	214	1433	231

All dimensions are approximate

“Halaman Ini Sengaja Dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Ahmad Renaldy Jurais, lahir di Batam pada tanggal 17 September 1996, merupakan anak kedua dari lima bersaudara. Saat ini penulis tinggal di Jakarta. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SD Negeri 01 Sukapura Jakarta pada tahun 2008, pendidikan di SMP Negeri 231 Jakarta pada tahun 2008, pendidikan di SMA Negeri 13 Jakarta pada tahun 2014. Penulis diterima sebagai mahasiswa S1 Teknik Kelautan FTK-ITS pada tahun 2014. Semasa perkuliahan, penulis aktif organisasi kemahasiswaan di Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan ITS (HIMATEKLA). Penulis juga aktif organisasi luar kampus internasional di *Association Internationale des Etudiants en Sciences Economiques et Commerciales* (AIESEC) dan aktif mengikuti beberapa kegiatan kampus seperti ITS Mengajar, ITS EXPO, dan *Ocean Engineering Exhibition and Competition* (OCEANO). Pada tahun 2017 penulis mendapat kesempatan melaksanakan kerja praktik di PT. INTI KARYA PERSADA TEKNIK Perusahaan EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*) yang berlokasi di Jakarta. Pada bulan Juli 2018 penulis telah menyelesaikan Tugas Akhir dengan judul “Analisis Gerak dan Tali Tambat pada Perancangan Struktur *Floating* Breakwater Di Nagan Raya, Aceh”. Bagi pembaca yang memiliki kritik, saran atau ingin berdiskusi lebih lanjut mengenai tugas akhir ini, maka dapat menghubungi penulis dibawah ini.

Kontak Penulis:

Email : ahmad.renaldy52@gmail.com

Telepon : +62 878 5578 2366